

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO QUÍMICO PARA CONTROLE
DE *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia
aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* E *Ipomoea quamoclit* E SUA
SELETIVIDADE NO PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**Vitor Simionato Bidóia
Engenheiro Agrônomo**

2019

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ESTRATÉGIAS DE MANEJO QUÍMICO PARA CONTROLE
DE *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia
aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* E *Ipomoea quamoclit* E SUA
SELETIVIDADE NO PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Vitor Simionato Bidóia

Orientador: Dr. Carlos Alberto Mathias Azania

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Campus de Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Produção Vegetal)**

2019

B585e

Bidóia, Vitor Simionato

Estratégias de manejo químico para controle de *Mucuna aterrima*,
Ricinus communis, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e
Ipomoea quamoclit e sua seletividade no plantio da cana-de-açúcar /
Vitor Simionato Bidóia. -- Jaboticabal, 2019

72 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Carlos Alberto Mathias Azania

1. *Saccharum* spp.. 2. Plantas daninhas. 3. Pré-plantio incorporado.
4. Esterases. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: ESTRATÉGIAS DE MANEJO QUÍMICO PARA CONTROLE DE *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* E *Ipomoea quamoclit* E SUA SELETIVIDADE NO PLANTIO DA CANA-DE-AÇÚCAR

AUTOR: VÍTOR SIMIONATO BIDÓIA

ORIENTADOR: CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:



Pesquisador Dr. CARLOS ALBERTO MATHIAS AZANIA
Centro de Cana - IAC / Ribeirão Preto/SP



Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI
Departamento de Produção Melhoramento Vegetal-FCA/UNESP / Botucatu/SP



Dra. MARILUCE PASCOINA NEPOMUCENO
Agrônoma Autônoma / Jaboticabal/SP

Jaboticabal, 17 de julho de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Vitor Simionato Bidóia – nascido em Pontal, Estado de São Paulo, Brasil, aos 10 de fevereiro de 1986. Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal, São Paulo (UNESP/FCAV), no ano de 2009. Possui especialização em Agroenergia (MBA) pela Universidade de São Paulo (USP/ESALQ), 2014. Atuou como Engenheiro Agrônomo com a cultura de cana-de-açúcar no Grupo Novamérica Agrícola Ltda., particularmente na área de operações agrícolas e controle e custo agrícola, no período de 2011 a 2015. Desde 2011 atua na área de Manejo Químico e Biologia das Plantas Daninhas em cana-de-açúcar. Em 2017, ingressou no curso de Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Campus de Jaboticabal, São Paulo (UNESP/FCAV), com auxílio financeiro do CNPq. Nos últimos anos tem participado de eventos científicos nacionais na sua área de atuação, seja na condição de palestrante ou na sua organização. O autor também publicou artigos científicos em revistas nacionais.

“Por isso não tema, pois estou com você;
não tenha medo, pois sou o seu Deus.
Eu o fortalecerei e o ajudarei;
Eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa”

Isaías 41:10

A meus amados pais Luiz e Zilda, à
minha irmã Adriana, ao Marcelo por todo
carinho, apoio e companheirismo todos
esses anos.

As minhas sobrinhas Eliza e Eloiza,
que esse momento seja de incentivo as
escolhas de seus futuros.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me guiar e orientar em todos momentos de minha vida, por sempre me proporcionar força e saúde e por me oferecer oportunidades ímpares.

À minha família, principalmente a meus pais, Luiz Bidóia e Zilda Bidóia que sempre sonharam meus sonhos e me incentivaram a conquistá-los, nunca descreditando minha capacidade.

A minha irmã, Adriana Alves, pelo amor e companheirismo fazendo com que meus dias se tornem mais agradáveis e felizes, aliviando os momentos de estresse e cansaço e a minha cunhada Alessandra Bidóia e a meu irmão Douglas Bidóia.

Aos meus avós Maria Bidóia, Elizabete Simionato (*in memoriam*) e Sylvio Bidóia (*in memoriam*) que sempre se orgulharam pela pessoa que me tornei.

Ao Marcelo Ghiotti, pela paciência, compreensão, pelas sábias palavras de conforto em tantos momentos difíceis e cumplicidade.

Ao Dr. Carlos Azania por aceitar me orientar, pela disponibilidade, dedicação, paciência e por sempre estar presente, oferecendo todo suporte e estrutura.

Ao Prof. Dr. Pedro Alves, que foi a pessoa que me abriu as portas para o mestrado e que tanto me ajudou nessa caminhada, a quem sempre enxerguei além de um professor.

A Dra. Mariluce Nepomuceno, quem me incentivou e mostrou que na Ciência não há limites para descobrirmos o infinito.

A todos colegas do LAPDA da UNESP/FCAV por todo apoio e auxílio.

Aos meus colegas do laboratório de matologia do IAC – Centro Cana/RP que foram imprescindíveis para a realização deste trabalho Ana Rosália, João Boneti, Lucas Cirilo e Venilton Oliveira.

Aos funcionários da fazenda experimental do Centro de Cana do IAC, principalmente o pessoal do campo, Pardinho, Bigode, Euclides, Jair, Dila, Antenor e Oséias pela atenção que disponibilizaram ao longo de nossa convivência e por dividirem comigo as experiências de campo que tornaram mais tranquilo o desenvolvimento dos trabalhos.

A Universidade Estadual Paulista (UNESP) pelo embasamento teórico e científico fornecido a mim durante toda a minha formação acadêmica.

Aos membros da banca Dr. Caio Antonio Carbonari e a Dra. Mariluce Nepomuceno pela excelente contribuição para finalização dessa pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que colaboraram de forma direta ou indireta para a conclusão deste trabalho.

Muito Obrigado!

SUMÁRIO

RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1.INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Cana-de-açúcar (<i>Saccharum spp.</i>)	5
2.2. Plantas daninhas em cana-de-açúcar	6
2.2.1. <i>Merremia aegyptia</i> (L.) Urb., <i>Ipomoea hederifolia</i> L. e <i>Ipomoea quamoclit</i> L.....	7
2.2.1. <i>Mucuna aterrima</i> (Pipper e Tracy) Holland	9
2.2.2. <i>Ricinus communis</i> L.....	10
2.3. Manejo químico em pré-plantio incorporado	11
2.4. Herbicidas utilizados	13
2.4.1. 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético)	13
2.4.2. amicarbazone.....	14
2.4.3. diuron.....	15
2.4.4. imazapyr	16
2.4.5. indaziflam.....	17
2.4.6. sulfentrazone.....	18
2.4.7. tebuthiuron.....	19
2.5. Seletividade	20
2.6. Estresse oxidativo	21
2.6. Mecanismos de defesa contra o estresse oxidativo	23
3. OBJETIVO	25
4. MATERIAL E MÉTODOS	26
4.1. Caracterização da área experimental	26
4.2. Cultivar empregada	27
4.3. Preparo da área experimental	27

4.4. Atributos avaliados	31
4.4.1. Avaliações sobre as plantas daninhas.....	31
4.4.2. Avaliações sobre as plantas de cana-de-açúcar.....	32
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1. Controle das plantas daninhas	34
5.1.1. <i>Mucuna aterrima</i>	34
5.1.2. <i>Ricinus communis</i>	40
5.1.3. <i>Merremia aegyptia</i> , <i>Ipomoea hederifolia</i> e <i>Ipomoea quamoclit</i>	42
5.2. Desenvolvimento da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000	46
5.2.1. Teor de verde (SPAD) e razão da fluorescência da clorofila (<i>Fv/Fm</i>)	46
5.2.2. Perfil da isoenzima α -esterase	49
5.2.3. Altura, estande e produtividade.....	51
6. CONCLUSÕES	55
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56

Estratégias de manejo químico para controle de *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* e sua seletividade no plantio da cana-de-açúcar

RESUMO - As espécies de *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* comumente infestam os canaviais brasileiros e seu manejo depende da integração de métodos e modalidades de aplicação de herbicidas. O objetivo da pesquisa foi de avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas em programas de manejo com aplicações antes e após o plantio da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no Brasil, município Ribeirão Preto, SP, em canavial cultivado em Latossolo Vermelho de textura argilosa, localizado sob clima Cwa de Koppen, entre janeiro/2018 a março/2019. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com dez tratamentos em quatro repetições. As parcelas foram constituídas por cinco linhas de cana-de-açúcar com 5 m de comprimento e espaçadas de 1,5 m. As parcelas foram semeadas com as espécies de *M. aterrima*, *R. communis*, *M. aegyptia*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, sempre antes da primeira aplicação de herbicida. Os tratamentos foram constituídos pela testemunha capinada ($T_{capinada}$) e sem capina (T_{pds}), além de oito programas de manejo químico (P) constituídos por aplicações em plantio pré-incorporado (PPI), pré-emergência (PRE) e pós-emergência tardia das plantas daninhas e cultura após plantio (POS-t), conforme: P1- PRE (diuron + sulfentrazone); P2 -PPI (imazapyr) + PRE (diuron + sulfentrazone); P3 - PPI (amicarbazone) + PRE (diuron + sulfentrazone); P4 - PPI (sulfentrazone) + PRE (diuron + sulfentrazone); P5 - PRE (indaziflam); P6 - PPI (imazapyr) + PRE (indaziflam); P7 - PPI (amicarbazone) + PRE (indaziflam); P8 - PPI (sulfentrazone) + PRE (indaziflam). Todos os programas foram complementados em POS-t com amicarbazone + tebuthiuron + 2,4-D. As aplicações em PPI foram realizadas aos 60 dias antes do plantio para imazapyr e aos 20 dias para amicarbazone e sulfentrazone, em PRE a aplicação foi logo após o plantio em POS-t pouco antes do fechamento das entrelinhas de cultivo pelo dossel da cana-de-açúcar. Os programas de manejo proporcionaram aos 360 dias após o plantio da cv. IAC95-5000 controle excelentes para *M. aterrima* (81,94 a 99,86%), *R. communis* (99,5 a 100%), *M. aegyptia* (96,67 a 100%), *I. hederifolia* (100%) e *I. quamoclit* (99,17 a 100%), exceto no P1 e P5 que foram ineficientes para *M. aterrima* (0%). A infestação de *M. aterrima* nos P1 e P5 proporcionaram respectivamente, redução da altura (24,05 e 28,50%), estande (44,44 e 53,70%) e da produtividade da cultura (62,03 e 71,69%), além de estresse oxidativo mensurado pela α -esterase. Os demais programas apresentaram ausência de plantas daninhas, mas P2 reduziu o estande (16,52%) e a produtividade (16,52%) e P3 apenas a produtividade (16,79%).

“Palavras-chave”: *Saccharum* spp., plantas daninhas, pré-plantio incorporado, α -esterase

Chemical management strategies for controlling of *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* and their selectivity in planting sugarcane

ABSTRACT – The species of *Mucuna aterrima*, *Ricinus communis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* commonly infest the Brazilian sugarcane plantations and their effective control depends on the integration of herbicide application methods and modalities. The objective of the research was to evaluate the selectivity and efficacy of herbicides in management programs with applications before and after sugarcane planting. The experiment was conducted in Ribeirão Preto, SP, Brazil, in a sugarcane planted in a clayey Red Latosol texture, located under Cwa of Koppen climate, from January/2018 to March/2019. The experimental delineation was performed in randomized blocks with ten treatments in four replicates. The plots were constituted by five lines of sugarcane with 5 m of length and spaced out of 1.5 m. The plots were planted with *M. aterrima*, *R. communis*, *M. aegyptia*, *I. hederifolia* and *I. quamoclit*, always before the first application of herbicide. The treatments consisted of the weed control (T_{capinada}) and no weed (T_{pds}), as well as eight chemical management programs (P) consisting of pre-incorporated (PPI), pre-emergence (PRE) and late post-emergence applications weeds and post-planting crop (POS-t) as follows: P1- PRE (diuron + sulfentrazone); P2 -PPI (imazapyr) + PRE (diuron + sulfentrazone); P3 - PPI (amicarbazone) + PRE (diuron + sulfentrazone); P4 - PPI (sulfentrazone) + PRE (diuron + sulfentrazone); P5-PRE (indaziflam); P6-PPI (imazapyr) + PRE (indaziflam); P7-PPI (amicarbazone) + PRE (indaziflam); P8-PPI (sulfentrazone) + PRE (indaziflam). All programs have been supplemented with POS-t with amicarbazone + tebuthiuron + 2,4-D. PPI applications were performed at 60 days before planting for imazapyr and at 20 days for amicarbazone and sulfentrazone, in PRE the application was right after planting in POS-t before the closing of the lines between the canopy of the sugar cane. The management programs provided an excellent control for *M. aterrima* (81.94 to 99.86%), *R. communis* (99.5 to 100%), *M. aegyptia* (96.67 to 100%), *I. hederifolia* (100%) and *I. quamoclit* (99.17 to 100%), except for P1 and P5 which were inefficient for *M. aterrima* (0%) to the 360 days after planting cv. IAC95-5000. The infestation of *M. aterrima* in P1 and P5 provided respectively a reduction in height (24.05 and 28.50%), stand (44.44 and 53.70%) and the crop productivity (62.03 and 71, respectively). 69%), besides oxidative stress measured by α -esterase. The other programs showed no weeds, but P2 reduced the stand (16.52%) and the productivity (16.52%) and P3 only the productivity (16.79%).

“Keywords”: *Saccharum* spp., weeds, pre-planting incorporated, α -esterase

1.INTRODUÇÃO

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil possibilita a extração de açúcar, além da cogeração de energia elétrica e a produção de etanol que contribuem com a matriz energética do país (CONAB, 2019). O setor sucroenergético é responsável também por fomentar o desenvolvimento econômico em diferentes regiões brasileiras, por gerar empregos diretos e indiretos e constituir-se como base para o estabelecimento de empresas de serviços, comércio e indústrias (Deuss, 2012). O crescimento econômico proporcionado pela cultura está calcado na produtividade dos canaviais, que, por sua vez, depende da integração de diferentes manejos, particularmente os que incluem as plantas daninhas.

A colheita da cana-de-açúcar sofreu significativas mudanças no Brasil, sendo uma dessas ocorrida no sistema de colheita, que anteriormente era prioritariamente manual e ao longo dos últimos 10 anos tem perdido espaço para o sistema de colheita mecanizado. Na safra 2007/08 o percentual de colheita mecanizada no país era de 24,4%, enquanto que na última, 2018/19, esse percentual apresentou-se em 91,6%, ou seja, um incremento significativo de mais de 60%. A Região Centro-Sul, favorecida no processo de mecanização de suas áreas em função do relevo, chega a 97% da colheita com o uso de máquinas, sendo o estado de São Paulo o responsável por 51,6% da área total colhida na safra atual com o índice de colheita mecanizada de 93,3% (CONAB, 2018).

Outra mudança ocorrida no sistema de colheita da cana-de-açúcar foi no processo de queima prévia da palhada dos canaviais, atividade frequente na década passada, que perdeu sua importância para a colheita crua (sem queima prévia) devido a pressões sociais bem como por questões legais (Piza, 2014).

Na colheita mecanizada crua da cana-de-açúcar não ocorre a queima de folhas, bainhas e ponteiro, permitindo que esses materiais sejam lançados sobre o solo pelos extratores primários e/ou secundários das colhedoras, formando uma cobertura de resíduo vegetal denominada palha ou palhada, formando assim um colchão de palha sobre a superfície do solo que pode variar entre a de 10 a 20 toneladas de palha por hectare (Souza et al., 2005)

A eliminação das queimadas e a manutenção da palha sobre o solo alteraram a composição das comunidades de plantas daninhas nos canaviais (Azania et al., 2008). De acordo com estudos realizados por Kuva et al. (2007) e Kuva et al. (2008), constataram alteração na flora local em áreas de cana-de-açúcar colhidas crua mecanicamente da região de Ribeirão Preto, SP. Apresentando banco de sementes local com média de 350 sementes m⁻², sendo quatro dentre as 15 principais plantas daninhas encontradas correspondentes ao gênero das corda-de-viola e a segunda planta daninha mais encontrada foi a *Ipomoea hederifolia* L.. Em consonância à Kuva et al. (2007) e Kuva et al. (2008), Ferreira et al. (2011) verificou na mesma região a presença de *Merremia cissoides* (Lam.) Hallier f. como a terceira mais importante dentre as cordas-de-viola.

Squassoni (2012), constataram que alguns gêneros de plantas daninhas, apresentam destaque na cultura de cana-de-açúcar, como a exemplo o da *Ipomoea* spp. e *Merremia* spp., pois se adaptam ao sistema de plantio e colheita de “cana crua”, uma vez que a camada de palha deixada sobre o solo não inibe a germinação de suas sementes, por serem maiores, favorece as condições edafoclimáticas do solo, criando microclimas ideais para germinação, e por vez suas sementes são facilmente dispersas pelas colhedoras causando infestação em outras localidades que antes as plantas não eram existentes.

Algumas características das cordas-de-viola contribuem para seu estabelecimento nos canaviais colhidos cru, cooperando com o aumento do banco de sementes local. Entre elas pode-se citar a capacidade de emergir sob a palha, sementes com dormência e germinação escalonada e por ocasião da colheita seus frutos e sementes podem encontrar-se ainda ligados à planta-mãe, o que favorece sua disseminação pelas colhedoras para médias e longas distâncias (Silva et al., 2009).

Nota-se que uma vez estabelecida nos canaviais, as cordas-de-viola, como à exemplo a *Ipomoea hederifolia* L., *Ipomoea quamoclit* L. e *Merremia aegyptia* (L.) Urb L. apresentam hábito trepador e quando enroladas aos colmos da cana-de-açúcar promovem sombreamento e prejudicam a absorção de luz pela cultura, inferindo diretamente na fotossíntese e formação da sacarose (Azania et al., 2009). Como prejuízo secundário, essas espécies dificultam a colheita mecanizada, por reduzir o rendimento operacional, devido ao acúmulo excessivo de biomassa no interior da colhedora (Silva et al., 2013a).

Silva et al. (2009) verificaram que canaviais infestados predominante com *Ipomoea hederifolia*, ao final do ciclo, apresentou redução do número de colmos de 34% e de 46% na produtividade. Enquanto que Piza et al. (2016) para mesma planta daninha notaram redução de 17,5% da produtividade final de colmos industrializáveis.

Correia e Braz (2010) constataram que a espécie *M. aegyptia* mostrou-se mais competitiva do que a *I. hederifolia*, pois a convivência dessa espécie, durante todo o ciclo da cana-de-açúcar, resultou na redução de 80% de colmos por metro linear.

A diversidade de espécies infestantes em clima tropical é elevada e Silva et al. (2012a) descreveram a *Mucuna aterrima* (Pipper e Tracy) Holland como uma das plantas daninhas de difícil controle em cana-de-açúcar. Na década de 80, a planta foi usada como adubo verde devido sua elevada produção de massa vegetal (Monteiro, 1988), que após sua incorporação é fonte de matéria orgânica no solo (Oliveira et al., 2010). Também outra característica importante é sua capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico no solo durante sua fase de crescimento (Wutke et al., 1995).

Entretanto, a incorporação ao solo de suas plantas contendo sementes próximas a germinação permitiu o enriquecimento do banco de sementes (Silva et al., 2013a) com seus propágulos característicos de dormência (Wutke et al., 1995; Correia, 2011) além de suas plantas serem capaz de superar até 23 t. ha⁻¹ de cobertura de palha com sementes alocadas a profundidades de 20 cm no solo (Silva et al., 2013a).

Bressanin et al. (2016) verificaram que *M. aterrima* em convivência com cana-de-açúcar ocasiona redução de mais de 50% na produtividade, além de queda na qualidade dos parâmetros de qualidade.

As plantas da mamoneira (*Ricinus communis* L.) são utilizadas no Brasil como fitorremediadoras para extrair metais pesados de solos contaminados e também como cultura agrícola servindo de matéria-prima para extração do biodiesel (Olivares et al., 2013). Mas, quando se estabelecem em canaviais interferem no desenvolvimento da cultura.

A germinação de suas sementes supera profundidades de solo de até 20 cm (Oliveira et al., 2018) e suas plântulas têm a capacidade de transpor o colchão de palha depositado sobre o solo em detrimento à colheita (Silva et al., 2015a). Assim que estabelecida nos canaviais, suas plântulas com características de resistência ao estresse hídrico (Trostell et al. 2012), rápido crescimento e extração nutricional

(Theisen et al., 2007) prejudicam o desenvolvimento da cultura. Quando adulta, ocorre a lignificação do caule o que também prejudica na operacionalidade da colheita mecânica (Ramia et al., 2009).

A modalidade de aplicar herbicidas antes do plantio e incorporá-los ao solo (PPI) permite o contato das moléculas com maior quantidade de sementes de plantas daninhas, o que contribui para minimizar o banco de sementes (Ramos et al, 2018). Segundo Azania et al. (2014), os propágulos não controlados na aplicação em PPI podem ainda infestar o canavial, mas para evitar os novos fluxos de emergências deve-se aplicar herbicidas em pré-emergência (PRE) logo após o plantio da cana-de-açúcar. Havendo a necessidade pode-se também combinar herbicidas aplicados em pós-emergência (POS), antes do total fechamento do dossel da cultura. Segundo os autores, as aplicações sequenciais é uma ferramenta para minimizar o banco de sementes e reduzir a quantidade de herbicidas usados nos próximos ciclos da cultura.

O difícil controle de *M. aterrima*, *R. communis*, *M. aegyptia*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, além da superação de profundidade, é também devido a quantidade de material de reserva nas sementes (Correia e Kronka Juniror, 2010). Para controles efetivos, há necessidade de maior contato do herbicida para com a semente, o que pode ser obtido com a incorporação das moléculas ao solo (PPI). Como também possuem a capacidade de germinar no escuro (Correia e Kronka Juniror, 2010), as espécies se estabelecem no canavial mesmo após seu fechamento exigindo aplicações complementares em POS.

Ao considerar a importância econômica da cana-de-açúcar no Brasil, a diversidade da flora infestante no clima tropical e a dificuldade de controle de algumas espécies, desenvolveu-se essa pesquisa com o objetivo de estudar a seletividade de herbicidas e seu controle sobre *Mucuna aterrima*, *Ricinus comunnis*, *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* em programas de manejo químico constituído por aplicações sequenciais antes e após plantio da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.)

Segundo (Figueiredo, 2008) a cana-de-açúcar tem como centro de origem a Oceania, particularmente a ilha da Nova Guiné. Historicamente, sua expansão se deu pela migração dos povos locais entre as ilhas, até chegar na Ásia, sendo os chineses o primeiro povo que intensificou seu uso. Foi levada à Europa no período das cruzadas e na América logo após a chegada dos espanhóis (América Central) e portugueses (América Sul).

Na botânica Mukherjee (1957) apresenta a cana-de-açúcar como pertencente ao gênero *Saccharum*, que por sua vez, foi evoluído de diferentes outros gêneros, a exemplo do *Erianthus*, *Sclerostachya* e *Narenga*, denominado de "complexo *Saccharum*" ou "*Saccharum* complex". Daniels et al. (1975) em seus estudos quanto a origem da planta incluiu ao "complexo *Saccharum*" o gênero *Miscanthus*.

Na fisiologia, é classificada como uma planta C4 e apresenta eficiência fotossintética na utilização do CO₂ atmosférico, quando comparada as demais culturas de ciclo C3 (Segato et al., 2006). Como produto final do processo fotossintético, a planta apresenta elevada produção de açúcares redutores (glicose e frutose), que se complexam em sacarose nas células dos tecidos mais maduros do colmo (Mutton e Mutton, 2015).

Na atualidade, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e destaca-se por ser o primeiro exportador mundial de açúcar e o segundo maior produtor mundial de etanol. Somente na safra 2018/2019 foram produzidas 620,44 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 29,04 milhões de toneladas de açúcar e 33,14 bilhões de litros de etanol. Nos últimos anos a falta de investimento no setor sucroenergético associados aos problemas climáticos, envelhecimento dos canaviais (baixa taxa de renovação), introdução da colheita mecanizada (áreas não sistematizadas promovendo pisoteio das soqueiras) e a perda de áreas arrendadas para outras culturas, contribuíram para a queda da produtividade média que foi de 72,23 t ha⁻¹ na safra 2018/19 (CONAB, 2018).

2.2. Plantas daninhas em cana-de-açúcar

As plantas daninhas interferem no desenvolvimento das culturas, sendo consideradas, dentre os fatores bióticos, o mais crítico no processo produtivo da cana-de-açúcar (Kuva et al., 2003). A interferência causada sobre a cultura é dependente da densidade e diversidade de indivíduos que compõem a comunidade infestante. Para Christoffoleti et al. (1996) quanto maior a densidade da comunidade infestante, maior é a quantidade de indivíduos que disputam os mesmos recursos do meio e mais intensa é a competição com a cultura .

A colheita mecanizada crua da cana-de-açúcar, sem a queima prévia, alterou de certa forma o manejo na cultura, sendo uma das principais mudanças ocorridas a do manejo das plantas daninhas. Segundo Azania et al. (2008), a presença de uma densa camada de palha sobre o solo modificou significativamente a composição da comunidade infestante nos canaviais.

A palha pode agir como um componente no controle de plantas daninhas, uma vez que é perceptível em áreas que não há presença de cobertura vegetal, solo descoberto, a infestação de plantas daninhas é bastante superior do que no que apresenta resíduos de material vegetal sobre ele (Almeida, 1992; Severino e Christoffoleti, 2001).

A cobertura do solo contribui na conservação melhorias das características físicas, químicas e biológicas do solo, na prevenção de erosões hídricas e no aumento de sua capacidade de armazenamento de água (Silva et al., 2006). O colchão de palha presente na superfície do solo atua como uma barreira física, diminui a incidência de luz e modifica a amplitude hídrica e térmica do solo. Nesse processo ocorre a alteração do banco de sementes no solo e na dinâmica das plantas, que pode tornar-se completamente diferente ao comparar-se ao sistema convencional, pois afeta a dormência e a germinação de plantas daninhas (Gazziero, 1990).

Velini e Negrisoni (2000) verificaram que o acúmulo de palha de cana-de-açúcar sobre o solo reduziu satisfatoriamente a incidência de espécies dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*). Contudo, o microclima proporcionado pela palha estimulou a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de algumas espécies daninhas (Correia e Rezende, 2002) como *Ipomoea* spp. e *Merremia* spp. (Correia e Kronka Junior, 2010), *Euphorbia heterophylla* L. (Monquero et al., 2007) e, mais recentemente, *Mucuna aterrima* (Pippen e Tracy) Holland (Campos et al., 2016), *Luffa*

aegyptiaca Mill. (Monquero et al., 2011a; Zera et al., 2012), *Ricinus communis* L. (Ramia et al., 2009) e *Momordica charantia* L. (Correia e Zeitoum, 2010; Cardozo et al., 2009).

Segundo Silva et al. (2015b), o porte herbáceo, hábito de crescimento trepador, sementes grandes (com maior quantidade de material de reserva) e a dormência são as principais características de agressividade que contribuíram com a adaptabilidade à presença da palha, capacidade de vencer a camada de palha depositada sobre o solo e comportamento fotoblástico negativo das espécies (Ruedell, 1995; Azania et al., 2002).

Soma-se ainda a esta problemática, a dispersão dessas sementes que pode ser facilitada no momento da colheita mecanizada. O processo de limpeza da cana, através dos extratores primário e secundário (grandes exaustores), pode lançar sementes junto com a palha a médias e longas distâncias (Silva et al., 2009).

Nessa alteração e composição da flora infestante surgiu a dificuldade de se encontrar herbicidas que quando aplicados em pré-emergência fossem simultaneamente seletivos à cultura e eficazes no controle sobre as plantas daninhas (Christoffoleti et al., 2007). Por diferentes autores, observou-se tolerância das espécies *Mucuna aterrima* (Pipper e Tracy) Holland (Silva et al., 2012a), *Ricinus communis* L. (Silva et al., 2015b), *Merremia aegyptia* (L.) Urb., *Ipomoea hederifolia* L. e *Ipomoea quamoclit* L. (Monquero et al., 2011a) a herbicidas de uso tradicionais na cultura, mesmo quando aplicados em pré-emergência (PRE) e pós-emergência (POS). Dessa forma, essas espécies tornaram-se dominantes nos canaviais brasileiros.

2.2.1. *Merremia aegyptia* (L.) Urb., *Ipomoea hederifolia* L. e *Ipomoea quamoclit* L.

Merremia aegyptia (L.) Urb., *Ipomoea hederifolia* L. e *Ipomoea quamoclit* L. são conhecidas popularmente como corda-de-viola. São espécies vegetais pertencentes à família Convolvulacea (Kissmann e Groth, 1999). Atualmente, essas espécies têm se destacado como plantas daninhas em áreas de cana-de-açúcar, mesmo com o impedimento físico da palha oriunda da colheita (Kuva et al., 2007).

De acordo com estudos realizados por Kuva et al. (2007) e Kuva et al. (2008), foram constatadas alteração na flora local em áreas de cana-de-açúcar colhidas crua mecanicamente da região de Ribeirão Preto, SP. Apresentando banco de sementes local com média de 350 sementes m⁻², sendo quatro dentre as 15 principais plantas daninhas encontradas correspondentes ao gênero das corda-de-viola e a segunda planta daninha mais encontrada foi a *Ipomoea hederifolia* L.. Em consonância à Kuva et al. (2007) e Kuva et al. (2008), Ferreira et al. (2011) verificou na mesma região a presença de *Merremia cissoides* (Lam.) Hallier f. como a terceira mais importante dentre as cordas-de-viola.

Estudos desenvolvidos por Ferreira (2009) e Squassoni (2012), constataram que algumas espécies de plantas daninhas apresentam destaque na cultura de cana-de-açúcar, como a exemplo as do gênero da *Ipomoea* spp. e *Merremia* spp., pois se adaptam ao sistema de plantio e colheita de “cana crua”, uma vez que a palha deixada sobre o solo contribui na infestação, pois as sementes de determinadas plantas são facilmente dispersas pelas colhedoras e sua germinação não são inibidas pela camada de palha devido serem sementes maiores.

Monquero et al. (2008) observaram maior potencial de infestação de *Ipomoea grandifolia* (Dammer) O'Donell e *Ipomoea purpurea* (L.) Roth em sistema de cana crua, quando comparado ao sistema que recebeu queima prévia. Em ambos sistemas de colheita as dicotiledôneas apresentaram maior quantidade de sementes em relação às monocotiledôneas.

Martins et al. (1999) avaliaram a emergência de dicotiledôneas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. *I. grandifolia* não reduziu a emergência de plantas com coberturas de até 10 toneladas por hectare. Já Azania et al. (2002), avaliando a emergência de convulváceas em palha de cana-de-açúcar, constataram que *I. hederifolia* foi a espécie que mais se desenvolveu. Correia e Durigan (2004) compararam a emergência de *I. grandifolia*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, as convulváceas do gênero *Ipomoea* não foram inibidas, mesmo com 15 toneladas por hectare de palha sobre o solo. Labonia et al. (2009) não observaram efeito de cobertura (palha), na quantidade de 10 toneladas por hectare, na emergência de *I. hederifolia*.

Tanto *M. aegyptia* (Orzari et al. 2013), *I. hederifolia* quanto *I. quamoclit* (Labonia et al. 2009), conseguem iniciar o processo de germinação em condições de escuro. Com isso, se estabelecem mesmo após o fechamento do dossel das culturas e

sombreamento das entrelinhas. O estabelecimento, segundo Li et al. (1999), ocorre devido a dormência nas sementes, que permite fluxos de germinação escalonados.

M. aegyptia, *I. hederifolia* e *I. quamoclit* apresentam hábito trepador, enrolam-se aos colmos da cana-de-açúcar atingindo seu ápice. Assim, ao desenvolver sua parte aérea sobre o ápice da planta, promovem o sombreamento das folhas e prejudicam a absorção de luz pela cultura, o que interfere na fotossíntese e formação da sacarose (Azania et al., 2011). Entretanto, durante seu crescimento as cordas-de-violão (antes de atingir o ápice da cultura) competem por água, luz e nutrientes, além de possíveis interferências alelopáticas (Souza et al., 2006; Silva et al., 2012a).

Associadas as problemáticas no desenvolvimento da cana-de-açúcar, elas ainda promovem prejuízos no processo de cultivo e colheita mecanizada, por comprometer o rendimento operacional devido ao elevado volume de biomassa travar as partes internas da colhedora, conhecido popularmente como “embuchamento” (Azania et al., 2011), pois são plantas que conseguem emergir em solos cobertos com quantidade de palhas que variam de 5 a 15 t ha⁻¹ (Ferreira et al., 2010a). Segundo Silva et al. (2009), a competição de *Ipomoea hederifolia* pode reduzir a produtividade de colmos de cana-de-açúcar em até 46%.

2.2.1. *Mucuna aterrima* (Pipper e Tracy) Holland

A *Mucuna aterrima* (mucuna-preta) pertencente à família Fabaceae. É originária das Índias Ocidentais e adapta-se bem a climas tropicais e subtropicais (Pupo, 1979). É uma planta anual de ciclo longo (240 dias), com caules finos, longos, flexíveis e volúveis com hábito de crescimento trepador. Apresenta grossas e largas vagens, com poucas sementes e flores de coloração arroxeada.

As sementes quando maduras são grandes com coloração preta bem nítida e hilo branco. Também apresentam dormência ocasionada pela impermeabilidade do tegumento à água (Carvalho e Nakagawa, 2000). Segundo Nakagawa e Cavariani (2005), o tamanho das sementes de *M. aterrima*, podem interferir no grau de dormência e no potencial de germinação. Ocorre que sementes com elevado material de reserva nutricional apresenta menor espessura do tegumento e melhor facilidade de absorção de água no processo de embebição.

Foi uma espécie comumente empregada como adubo verde, principalmente pelo seu alto volume de biomassa (Oliveira et al, 2010), produzido num curto período de tempo, cobrindo cerca de 99% da superfície do solo em 58 dias após sua emergência (Favero et al. 2001) na reforma de canaviais.

Devido seu inadequado manejo e a incorporação da biomassa vegetal ao solo com sementes ligadas a planta-mãe próximas à maturação (Silva et al., 2012a), fez com que o banco de sementes local aumentasse. Suas sementes assemelham-se as de uma planta daninha verdadeira, apresentando dormência e germinação escalonada atribuída possivelmente ao tamanho e acúmulo de reservas, dessa forma, a mucuna-preta passou a ser considerada como infestante (Correia, 2011).

Para Tedesco (2009), as características morfológicas da mucuna-preta (hábito de crescimento trepador) fazem com que ela se sobreponha rapidamente ao resto da vegetação, competindo e dominando todas as outras espécies vegetais. A pesquisa de Bressanin et al. (2016), constatou que a mucuna-preta apresentou acúmulo de massa seca durante todo o período de avaliação e reduziu em até 50% a produtividade de colmos da cana-de-açúcar.

2.2.2. *Ricinus communis* L.

Ricinus communis L. (mamona) é uma planta de origem tropical, pertencente à família Euphorbiaceae (Ferreira et al., 2009), que apresenta hábito arbustivo, com diversas colorações de caule, folhas e frutos tipo racemos, os quais geralmente possuem espinhos e suas sementes apresentam diferentes tamanhos, formatos e grande variabilidade de coloração (Lima et al., 2007).

Considerada uma planta rústica, as diferentes plantas de *R. communis*, são utilizadas no Brasil como fitorremediadoras na extração de metais pesados de solos contaminados, bem como cultura agrícola servindo de matéria-prima para extração do biodiesel (Olivares et al., 2013).

A irregularidade na emergência das plântulas de *R. communis* em campo deve-se à dificuldade de absorção de água pelas sementes, devido à espessura e rigidez do tegumento ou a uma possível dormência (Lago et al., 1979). Tais sementes, assim como da Família Fabacea, apresentam um mecanismo físico de dormência,

denominada dureza tegumentar, responsável pela germinação irregular, gerando desenvolvimento e maturação desuniforme das plantas (Marcos Filho, 2005). A germinação de suas sementes supera profundidades de solo de até 20 cm (Oliveira et al., 2018) e suas plântulas têm a capacidade de transpor o colchão de palha de cana-de-açúcar, decorrente da colheita mecanizada (Silva et al. 2015a).

A espécie é uma planta daninha, particularmente nos canaviais devido as características de resistência ao estresse hídrico (Trostle et al. 2012), rápido crescimento e extração nutricional (Theisen et al. 2007), além de prejudicar o desenvolvimento da cultura. No campo, a estrutura que abriga as sementes quando maduras racham-se e lançam as sementes a longas distâncias, colaborando com sua disseminação.

Assim que estabelecida nos canaviais, quando adulta, ocorre a lignificação do caule que também prejudica na operacionalidade da colheita mecânica (Ramia et al. 2009), promovendo a quebra do maquinário (faquinhas do corte basal) o que demanda tempo de paradas para que seja realizado a manutenção e troca das peças. O próprio equipamento no processo colheita, acaba por ser um agente dispersante de sementes dessa espécie.

O controle químico de *Ricinus communis*, em cana-de-açúcar, tem-se mostrado positivo com os herbicidas amicarbazone, imazapic, isoxaflutole e sulfentrazone (Zera et al., 2011; Silva et al., 2015b).

2.3. Manejo químico em pré-plantio incorporado

A maioria dos herbicidas registrados para cana-de-açúcar no Brasil são recomendados para aplicação em pré-emergência (PRE), da cultura e plantas daninhas (MAPA, 2019). Entretanto, o destino dessas moléculas é o solo (Christoffoleti et al., 2009), que deve apresentar condições físicas e químicas favoráveis à dinâmica do herbicida.

A aplicação de herbicidas em PRE no início do ciclo da cana-de-açúcar tem por objetivo impedir o desenvolvimento das plântulas logo após o processo de germinação ser iniciado. Com isso, a cultura se desenvolve na ausência das plantas daninhas, sendo a interferência sobre a brotação e perfilhamento da cultura amenizada. As moléculas usadas em PRE na cana-de-açúcar, geralmente, possuem ação residual

prolongada, o que mantém sob controle a infestação das plantas daninhas (Velini e Negrisoli, 2000; Carvalho et al., 2005).

Para o controle de *M. aterrima*, *R. communis* e *Ipomoea* spp., além do período residual dos herbicidas é também importante sua movimentação pela camada arável do solo. Segundo Oliveira et al. (2018), as sementes de *M. aterrima* e *R. communis* posicionadas até próximo de 20 cm de profundidade podem sair da dormência e suas plântulas atingir a superfície. Para os herbicidas com maior solubilidade em água a movimentação no solo é facilitada, o que aumenta o contato do herbicida com as sementes mesmo em profundidade. Assim, durante o processo de embebição de água diretamente da solução do solo pelas sementes, o herbicida também é absorvido e passa a interferir no desenvolvimento da plântula.

Além do artifício de usar herbicidas de maior solubilidade em água para controle de plantas daninhas de sementes grandes (maior quantidade de material de reserva), a incorporação dos herbicidas na camada arável do solo também colabora com controles mais eficazes. Segundo a empresa comercial Milenia (2014), a prática é conhecida como pré-plantio incorporado (PPI) e Francore (2010) comentou que seu uso reduz o banco de sementes de plantas daninhas, amenizando a diversidade e densidade da comunidade infestante posteriores.

Segundo Cobucci et al. (2001) a denominação “pré-plantio” é em função da aplicação do herbicida ser realizada em área total diretamente sobre a superfície do solo no final das operações de preparo. Enquanto o termo “incorporado” surgiu devido ao herbicida ser revolvido e distribuído na subsuperfície do solo (até 0,10 m de profundidade) pela última operação de gradagem que nivela o solo deixando-o preparado para o plantio.

A operação de preparo de solo adequa o substrato (solo) para receber a cultura e acaba por distribuir as sementes das plantas daninhas (banco de sementes) em toda subsuperfície do solo. Assim, sementes de diversas espécies que estavam dormentes iniciam seu processo de germinação, estimuladas pela exposição a luz ou temperatura das camadas mais superficiais do solo (Blanco e Blanco, 1991).

A incorporação também permite colocar a molécula do herbicida em contato com maior número de sementes, de modo que no início da germinação as sementes absorvam água e herbicida do solo (Ramos et al., 2018). Por sua vez, os herbicidas absorvidos pelas sementes são translocados pelas plântulas a medida que se

desenvolvem e ao atingir o sítio de ação correspondente ao seu mecanismo de ação, passam a interferir em seu desenvolvimento (Satichivi et al., 2000).

Mesmo ao utilizar a aplicação em PPI antes do plantio da cana-de-açúcar, há necessidade de complementação aplicando herbicidas em pré-emergência das plantas daninhas e da cultura logo após o plantio. Nesse caso, os herbicidas, além do efeito residual no solo, também precisam ser seletivos para a cultura. Para os casos extremos de elevada diversidade e densidade de infestantes ainda se faz necessária uma terceira aplicação do herbicida, geralmente próxima dos 60 dias após o plantio.

A modalidade de aplicação de herbicidas em PPI, particularmente para cana-de-açúcar, é pouco utilizada e carente de estudo no Brasil. Os produtores a utilizam apenas em talhões com elevada densidade de plantas daninhas na ocasião da reforma dos canaviais (novo plantio), programas de tratamentos denominado de “desinfestação” (Azania et al., 2011). O manejo das plantas daninhas vem sendo baseado principalmente no controle químico e os herbicidas comumente empregados nesse tipo de manejo é a trifluralina, imazapyr, amicarbazone e sulfentrazone.

2.4. Herbicidas utilizados

2.4.1. 2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético)

O 2,4-D é um herbicida pertencente ao grupo químico dos ácidos fenoxicarboxílicos e ao grupo dos mimetizadores das auxinas. Após sua aplicação sobre as plantas dicotiledôneas sensíveis, é absorvido pelas folhas, difundindo-se pela cutícula até atingir o floema e é translocado para as regiões meristemáticas apicais e das raízes. O 2,4-D provoca tumores no meristema intercalar, formação de raízes aéreas, multiplicação e engrossamento das raízes, rachaduras nas raízes e caules, formação de gemas múltiplas e hipertrofia das raízes laterais, encurtamento do tecido internerval das folhas e a epinastia da planta. É recomendado para diferentes espécies de cordas-de-viola (Rodrigues e Almeida, 2018).

Apresenta alta solubilidade em água ($S_w = 24300 \text{ mg L}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), baixo coeficiente de sorção ($K_{oc} = 39,3 \text{ mL g}^{-1}$) sendo considerado móvel no solo, a constante de dissociação eletrolítica é considerada de intensidade fraca em meio ácido ou básico ($pK_a = 3,40$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), é não-persistente no solo pois possui meia vida ($t_{1/2}$) entre 4,4 a 28,8 dias após aplicação (DAA) e é de baixa bioacumulação e lipofilicidade com meio orgânico ($\log K_{ow} = -0,82$ em pH 7 a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), segundo informações do PPDB (2019) presentes na Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas dos herbicidas estudados. Solubilidade em água (S_w), coeficiente de sorção (K_{oc}), coeficiente de partição octanol/água ($\log K_{ow}$), constante de dissociação eletrolítica (pK_a) e meia vida ($t_{1/2}$) em dias após aplicação (DAA).

Herbicida utilizados	S_w (mg L^{-1} a $20 \text{ }^\circ\text{C}$)	K_{oc} (mL g^{-1})	$\log K_{ow}$ (pH 7 - $20 \text{ }^\circ\text{C}$)	pK_a ($20 \text{ }^\circ\text{C}$)	$t_{1/2}$ (DAA)
2,4-D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético)	24300	39,3	-0,82	3,40	4,4-28,8
amicarbazone	4600	30	1,23	-	15-87
diuron	42	680	2,87	-	229
imazapyr	9740	100	0,11	1,9	90-142
indaziflam	2,8	1000	2,8	3,50	>150
sulfentrazone	780	43	0,091	6,53	110-280
tebuthiuron	2500	80	1,79	-	360-450

FONTE: PPDB - Pesticide Properties DataBase, <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/> e Gui de Herbicida, 7 ed. DAA: dias após aplicação.

Em áreas de cana-de-açúcar o 2,4-D apresenta controle pós-emergente em espécies de *M. aterrima* (Bressanin et al., 2015) e *R. communis* (Foloni et al., 2011). Dessa forma, suas aplicações como complementos de manejos em PRE associados a produtos com efeitos residuais, podem garantir resultados satisfatórios.

2.4.2. amicarbazone

O amicarbazone um dos mais importantes herbicidas para o controle de plantas daninhas mono e dicotiledôneas na cultura da cana-de-açúcar e é o herbicida mais empregado no controle de folhas largas de sementes grandes. Possui meia vida no solo de 15 a 87 DAA. Apresenta alta solubilidade em água ($S_w = 4600 \text{ mg L}^{-1}$ a 20

°C), baixo coeficiente de sorção ($K_{oc} = 30 \text{ mL g}^{-1}$) sendo considerado móvel no solo, constante de dissociação eletrolítica não é considerável (não se dissocia em meio ácido ou básico) e adequada lipofilicidade com meio orgânico ($\log K_{ow} = 1,23$ em pH 7 e 20 °C), segundo informações do PPDB (2019) contidas na Tabela 1.

O amicarbazone pertence ao grupo químico das triazolinonas e apresenta mecanismo de ação sobre o fotossistema II (Rodrigues e Almeida, 2018; Toledo et al., 2004). O amicarbazone apresenta absorção radicular e foliar, sendo recomendado para aplicações em PRE e POS, quando as plantas daninhas apresentarem no máximo quatro folhas, em cana planta e em cana soca (Toledo et al., 2004).

2.4.3. diuron

O diuron é um herbicida comumente aplicado na cultura de cana-de-açúcar no controle de plantas daninhas e pertence à família química das fenilamidas, subclasse das feniluréias (Rodrigues e Almeida, 2018), sendo muitas vezes usado em combinação com outros herbicidas (Correia e Kronka Junior, 2010).

Possui meia vida no solo entre 90 (Rodrigues e Almeida, 2018) à 229 DAA (PPDB, 2019) e é muito persistente no solo. Apresenta baixa solubilidade em água ($S_w = 42 \text{ mg L}^{-1}$ a 20 °C), baixo coeficiente de sorção ($K_{oc} = 680 \text{ mL g}^{-1}$) sendo considerado móvel no solo, constante de dissociação eletrolítica não é considerável (não se dissocia em meio ácido ou básico) e alta lipofilicidade com meio orgânico ($\log K_{ow} = 2,87$ em pH 7 e 20 °C), conforme informações presentes na Tabela 1 (PPDB, 2019).

Apresenta como mecanismo de ação a inibição do transporte de elétrons nas membranas fotossintéticas, competindo com a plastoquinona (QB) pelo sítio de ligação à proteína D1 do fotossistema II, interrompe o fluxo normal dos elétrons gerando um armazenamento de energia química pelas células. A morte da planta ocorre devido a outros processos, como a peroxidação de lipídeos e proteínas, que resulta na destruição das membranas da parede celular e perda de clorofila (Rodrigues e Almeida, 2018).

2.4.4. imazapyr

O imazapyr é um herbicida pertence à família química das imidazolinonas e controla um amplo espectro de plantas daninhas, incluindo plantas das famílias Poaceae, Ciperaceae e Convolvulaceae. Essa molécula é absorvida pelas raízes e folhas, translocados via xilema e floema, acumulando-se nos meristemas de crescimento (Rodrigues e Almeida, 2018).

O controle é proporcionado pela inibição da enzima acetolactato sintetase (ALS), essencial no processo de síntese de aminoácidos de cadeia ramificada (valina, leucina e isoleucina). O efeito fitotóxico das imidazolinonas é causado pela deficiência desses aminoácidos, provocando a diminuição na síntese de proteínas e de DNA. Posteriormente, afeta a divisão celular e a translocação de fotossintatos aos pontos de crescimento. Esses processos provocam redução no crescimento das plantas e no alongamento das folhas, além de cloroses entre as nervuras foliares em folhas novas e a necrose dos tecidos podem demorar em algumas espécies até duas semanas (Shaner e Singh, 1993; Tan et al., 2006).

No campo, o imazapyr é considerado um herbicida persistente no solo, apresenta meia-vida ($t_{1/2}$) entre 90 a 142 dias após a aplicação (DAA). Sua elevada solubilidade em água ($S_w = 9740 \text{ mg L}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) associada ao baixo coeficiente de sorção ($K_{oc} = 100 \text{ mL g}^{-1}$) confere mobilidade no solo, a constante de dissociação eletrolítica ($pK_a = 1,90$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) é considerada de intensidade forte em meio ácido ou básico, segundo informações da PPBD (2019), contidos na Tabela 1.

Segundo Gianelli et al. (2014), a molécula permanece moderadamente adsorvida aos colóides do solo, com isso sua disponibilização na solução do solo é maior. McDowell et al. (1997), observaram que imazapyr atingiu maior profundidade em condições de maior precipitação, alcançando 25 cm aos 90 DAA. Além do movimento em profundidade, o imazapyr apresenta movimento para a superfície, arrastados pelas correntes ascendentes de água causadas pela evaporação (Van Wyk e Reinhardt, 2001; Firmino et al., 2008).

Segundo Azania et al. (2001), o herbicida imazapyr aplicados em cana-de-açúcar em POS-i, cultivar RB835089, apresentaram fitotoxicidade apenas na fase inicial da cultura, tendo total recuperação aos 100 DAA, sem prejuízo da produtividade e qualidade da matéria-prima. Monquero et al. (2011b), também verificou

fitotoxicidade iniciais com aplicação POS-i de imazapyr em cana-de-açúcar, nas cultivares RB925345, RB925211, RB935744 e RB855036, variando entre 20 a 40% com evolução dos sintomas aos 90 DAA seguida de lenta redução e recuperação total aos 380 DAA, sem prejuízos produtivos.

Os inibidores da ALS, imazapyr, interrompem o crescimento meristemático logo após a aplicação (Ray, 1984), as plantas com menor porte provavelmente não conseguem absorver água no solo, o que agrava os sintomas de intoxicação (Monquero et al., 2011b). A tolerância das plantas ao imazapyr é devida a rápida metabolização iniciada pela hidroxilação do anel imidazolinona (Rodrigues e Almeida, 2018).

No Brasil, o herbicida é registrado para controle de *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus* e *Ipomoea* spp. na cultura de cana-de-açúcar e pode ser aplicado em PPI e PRE. É recomendado em PPI como prática de “despraguejamento”, ou seja, reduzir banco de sementes inclusive com doses superiores as recomendadas em soqueiras, com aplicação 60 dias antes do plantio (MAPA, 2019). É observado em campo que o imazapyr em PPI apresenta melhores resultados de controle quando no intervalo de 60 dias de pousio antes do plantio, associado a no mínimo 90 mm de precipitação.

2.4.5. indaziflam

O indaziflam é um ingrediente ativo com efeito sistêmico, pertencente à classe química alquilazina, com mecanismo de ação ainda não detalhado, porém de efeito inibitório a biossíntese de celulose (Tompkins, 2010). Esse mecanismo de ação, inibe a deposição de cristais na parede celular dificultando sua formação, além da divisão e do alongamento das células. Assim, folhas já formadas e desenvolvidas dificilmente serão afetadas (Guerra et al. 2013), o que justifica sua não aplicação em pós-emergência (Brosnan et al., 2012).

Apresenta controle quando aplicado em PRE de algumas plantas monocotiledôneas (Brosnan et al. 2011) e dicotiledôneas (Perry et al., 2011). Mas, também se observou controle sobre *Ipomoea triloba* e *Euphorbia hederifolia* quando aplicados em pré-emergência (Guerra et al., 2015).

O indaziflam é considerado um herbicida persistente no solo, apresenta meia-vida ($t_{1/2}$) superior a 150 dias após a aplicação (DAA), baixa solubilidade em água ($S_w = 2,8 \text{ mg L}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), alto coeficiente de sorção ($K_{oc} = 1.000 \text{ mL g}^{-1}$) sendo considerado pouco móvel no solo, a constante de dissociação eletrolítica é considerada de intensidade fraca em meio ácido ou básico ($pK_a = 3,50$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), informações contidas na Tabela 1 segundo o PPDB (2019).

Segundo Hijano (2016), o herbicida indaziflam aplicado em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar foi seletivo em aplicação de POS-i, na dosagem de $37,5 \text{ g i.a ha}^{-1}$, para cultivar RB966928 e a aplicação em pré-plantio causou a morte das mudas de cana-de-açúcar das cultivares RB966928 e CTC14 em todas as doses estudadas ($37,5; 56,25; 75,00; 112,5; \text{ g. ia ha}^{-1}$). Segundo Kawamoto et al. (2018), logo após à aplicação de indaziflam, aos 7 DAA, já foi possível observar o efeito do produto sobre as mudas de cana-de-açúcar, cultivar CTC16, principalmente sobre altura de plantas, número de folhas e surgimento de lesões nos tecidos, sintomas que persistiram até os 21 DAA. O indaziflam atua como inibidor da biossíntese da celulose e ainda não é de conhecimento seus mecanismos de tolerância (Rodrigues e Almeida, 2018).

2.4.6. sulfentrazone

O sulfentrazone se destaca por apresentar longo efeito residual no solo ($t_{1/2} = 110$ a 280 DAA) e é de larga utilização no Brasil. É recomendado para aplicação em PRE nas culturas de soja, cana-de-açúcar, café, eucalipto, citros, fumo e abacaxi (MAPA, 2019). Possui alta solubilidade em água ($S_w = 780 \text{ mg L}^{-1}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), baixo coeficiente de sorção ($K_{oc} = 43 \text{ mL g}^{-1}$) sendo considerado móvel no solo, constante de dissociação eletrolítica de intensidade fraca em meio ácido ou básico e baixa lipofilicidade com meio orgânico ($pK_a = 6,56$ a 25° C e $\log K_{ow} = 0,091$ em pH 7 e $20 \text{ }^\circ\text{C}$), conforme informações do PPDB (2019) presentes na Tabela 1. Apresenta amplo espectro de ação sendo eficiente para o controle de algumas plantas daninhas gramíneas anuais e perenes, muito eficiente no controle das ciperáceas e da maioria das dicotiledôneas.

Apresenta como mecanismo de ação a inibição da enzima PROTOX (protoporfirinogênio oxidase) na biossíntese da clorofila, sendo que seu controle ocorre através da ruptura da membrana celular (Rodrigues e Almeida, 2018).

Segundo Dias et al. (2017), o herbicida sulfentrazone aplicado em pré-plantio das mudas pré-brotadas das cultivares de cana-de-açúcar CTC14, CTC7 e RB966928 proporcionaram sintomas de intoxicação claramente visíveis aos 21 e 42 DAA, mas aos 63 DAA as plantas apresentaram-se sem sintomas visuais. Os principais sintomas de intoxicação foram a presença de manchas roxas seguidas de necrose nas folhas.

Os inibidores de PROTOX interferem nas enzimas que convertem protoporfirinogênio IX em protoporfirina IX, causando acúmulo de protoporfirinogênio IX nos plastídeos e formação da protoporfirina IX no citossol, que interage com O₂ e luz formando o oxigênio "singlet". Esse radical livre, altamente radioativo, provoca peroxidação dos lipídios e membranas, levando a célula a morte. Como sintomatologia as plantas suscetíveis tornam-se necróticas morrendo quando expostas a luz. A tolerância das plantas envolve a hidroxilação oxidativa do grupo metil do anel triazole (Rodrigues e Almeida, 2018).

2.4.7. tebuthiuron

O tebuthiuron é um herbicida derivado da uréia com amplo espectro de controle das plantas daninhas (recomendado para mais de 20 espécies) em cana-de-açúcar e pastagens e seletivo para a cultura (MAPA, 2019). Apresenta meia vida entre 360 a 450 DAA, alta solubilidade em água ($S_w = 2500 \text{ mg L}^{-1}$ a 20 °C), moderado coeficiente de sorção ($K_{oc} = 80 \text{ mL g}^{-1}$) sendo considerado moderadamente móvel no solo, constante de dissociação eletrolítica não aplicável e de adequada lipofilicidade com meio orgânico ($\log K_{ow} = 1,79$ em pH 7 e 20 °C), conforme informações presentes na Tabela 1 segundo o PPDB (2019). Pertence ao grupo químico dos derivados da uréia, seu modo de ação é a inibição do fotossistema II.

Segundo Souza et al. (2009), a associação dos herbicidas amicarbazone + tebuthiuron aplicada em pós-emergência inicial (POS-i) das cultivares de cana-de-açúcar IACSP94-2094, IACSP94-2101, IACSP93-3046, IACSP94-4004, IAC86-2480

e RB72454 proporcionaram sintomas iniciais de fitotoxicidade com posterior recuperação, não ocorrendo prejuízos na qualidade tecnológica e produtividade.

Soares et al. (2011), também verificaram fitotoxicidade iniciais após aplicação dos mesmos herbicidas em PÓS-i das cultivares IAC91-5155, IACSP93-3046, IACSP94-2094. Os autores observaram que o amicarbazone apresentou sintomas de intoxicação superiores a 50% entre os 13 e 33 DAA, com recuperação total das plantas aos 70 DAA.

Os inibidores do FSII interferem no processo fotossintético das plantas; assim, é comum observar amarelecimento das folhas e secamento das pontas, especialmente nos primeiros dias após aplicação dos herbicidas. A tolerância das plantas ocorre devido a demetilação e hidroxilação das moléculas (Rodrigues e Almeida, 2018).

2.5. Seletividade

Seletividade pode ser definida como a capacidade de um herbicida em controlar plantas daninhas sem afetar as plantas de interesse, ou seja, sem reduzir a produtividade da cultura (Oliveira Junior 2011; Velini et al., 2000). Esta característica é dependente de vários fatores como, condições edafoclimáticas que precedem e sucedem a aplicação, as características do herbicida ou método de aplicação (dose, formulação, localização espacial ou temporal) e fatores relacionados à morfologia, à fisiologia e ao metabolismo da planta (Oliveira Junior e Inoue, 2011).

As culturas podem apresentar seletividade devido à rapidez de metabolização, enquanto que, nas plantas daninhas, estas reações se processam de forma mais lenta (Cataneo e Carvalho, 2008). É difícil correlacionar o tipo de metabolização ocorrida nas plantas com a classe de herbicidas, pois, essa varia significativamente entre as diferentes combinações de cultura-herbicida (Carvalho, 2004). Contudo, pode-se destacar a oxidação e conjugação como as principais vias de metabolização.

É de conhecimento que alguns herbicidas podem impactar negativamente na produtividade das culturas sem apresentarem sintomas visuais detectáveis, da mesma forma que outros podem provocar severas injúrias visuais sem que haja impacto significativo na produtividade (Silva et al., 2003). Dessa forma, em avaliações de seletividade de herbicidas, aconselha-se, além dos parâmetros fitotécnicos,

verificar alterações fisiológicas que impactam diretamente na eficiência fotossintética como, a quantidade total de clorofila e padrões de emissão de fluorescência (Fv/Fm) (Baker, 2008). A razão de fluorescência Fv/Fm , indica a eficiência quântica máxima do Fotossistema II (FSII) e é usada como um indicador da capacidade fotossintética nas plantas, e tem se tornado uma importante característica fisiológica nos estudos relacionados aos vários tipos de estresses (Krause et al., 1991).

As diferentes respostas aos herbicidas é devida a cultivar da cana-de-açúcar e da dose aplicada do que propriamente do produto (Souza et al., 2009). No mercado, há cultivares de cana-de-açúcar suscetíveis, tolerantes e resistentes a um mesmo ingrediente ativo (Arévalo et al., 1998; Azania et al., 2004). O comportamento diferenciado de genótipos de cana-de-açúcar diante de diversos herbicidas, associado ao estágio de desenvolvimento da cultura é um fator importante na seletividade do herbicida na cultivar (Procópio et al., 2003).

Os tratamentos herbicidas são considerados fatores de estresse para a planta, como casos de estresses oxidativos, podendo influenciar nas atividades enzimáticas, ocasionando a ativação de genes e conseqüentemente o surgimento de múltiplas formas moleculares (Gottlieb, 1982). O estudo de isoenzimas podem ser empregados em casos de estresse biótico ou abiótico, por estarem envolvidas em mudanças metabólicas e mecanismos de defesa desencadeados nas plantas (Torggler et al., 1995).

2.6. Estresse oxidativo

O oxigênio (O_2) é essencial para a existência e sobrevivência da vida aeróbica, contudo pode promover estresse oxidativo, em função da variedade de alterações fisiológicas ocorridas nos organismos. Estas alterações, segundo Flowers et al., 2000, são maiores em plantas do que em outros eucariotos devido ao estilo de vida sésil e por encontrarem-se expostas a extensa variedade de estresses ambientais, que são promotores de modificações no metabolismo e no desenvolvimento da planta, que por sua vez provoca ampla diversidade de respostas a níveis moleculares e celulares (Zhu, 2001), além de que no processo fotossintético elas produzem O_2 e também consomem O_2 durante a respiração (Scandalios, 1993).

As Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) são complexos parcialmente reduzidos do oxigênio (O_2), possivelmente proveniente da excitação do O_2 formando oxigênio singlete (1O_2). Nos casos da formação de radical superóxido (O_2^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ou hidroxila (OH^-) há a transferência de um, dois ou três elétrons para o O_2 . As EROs podem levar as plantas a morte, pois possuem capacidade de oxidar diversos componentes celulares (Dat et al., 2000).

Segundo Moller et al. (2007), o estresse oxidativo é resultante do desequilíbrio em qualquer estrutura celular entre a produção de EROs e a defesa antioxidante, resultando em danos celulares. Elevadas produções de EROs resultam no estresse oxidativo como: fragmentação do DNA, modificações protéicas, peroxidação de lipídios, desintegração de clorofila, extravasamento iônico, severas injúrias resultando na morte celular (Moller et al., 2007).

Em condições de crescimento normais das plantas, a produção celular de EROs, advindas de metabolizações ocorridas nos cloroplastos e resultantes da respiração mitocondrial é baixa (Doudican et al., 2005), ou seja, os sinais relacionados à ativação de respostas de defesa, indicam que as EROs podem estar relacionadas como indicadores de estresse celular e envolvidos na via de transdução de sinais na resposta ao estresse (Mittler, 2002).

O radical superóxido (O_2^-) é classificado como um radical livre de moderada reatividade que não consegue transpor as membranas celulares, sendo prontamente dismutado a peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e causar danos às células (Neill et al., 2002).

O radical hidroperoxila (HO_2^-) é resultante da protonação do O_2^- em meio aquoso e consegue transpor as membranas celulares, removendo os átomos de hidrogênio de ácidos graxos polinsaturados e de hidroperóxidos de lipídios dando início a peroxidação lipídica (Neill et al., 2002).

O oxigênio singlete (1O_2) é uma estrutura elevadamente reativa capaz de transpassar a energia de excitação para outras moléculas celulares ou reagir com elas formando então hidroperóxidos ou endoperóxidos (Vranová et al., 2002; Op Den Camp et al., 2003).

O peróxido de hidrogênio (H_2O_2) é considerado moderadamente reativo e capaz de transpor consideráveis distâncias a partir de seu local de origem (Vranová et al., 2002), além da capacidade de atravessar livremente através das aquaporinas (Henzler e Steudle, 2000). O H_2O_2 pode causar formação de ligações transversas na

parede celular, fechamento estomático, expressão de genes de respostas ambientais e estimular as atividades de enzimas antioxidantes à exemplo da catalase e da peroxidases (Neill et al., 2002).

O radical hidroxila (OH^\cdot), proveniente da H_2O_2 é considerado o mais reativa da EROs, pois em seus processos de reações utilizam catalisadores metálicos que são muito tóxicos (Halliwell e Gutteridge, 1989; Chandru et al., 2003). O OH^\cdot é capaz de reagir com todas as moléculas celulares, estas, por conseguinte não apresentam mecanismos enzimáticos de defesa para eliminar essas EROs, conseqüentemente ocorre o aumento da produção de OH^\cdot no interior das estruturas causando a morte da célula (Vranová et al., 2002).

A produção e efeitos de EROs não são se delimitam apenas as reações metabólicas das células. As EROs podem ser provenientes de outras fontes distintas em diferentes condições de estresse (Beligni e Lamattina, 1999), como a exemplo da radiação ultravioleta, extremos estresses hídricos, metais pesados, poluentes atmosféricos, estresse mecânico, baixa disponibilidade de nutrientes, aleloquímicos, altas temperaturas, patógenos, bem como tratamentos herbicidas que podem induzir aumento da produção de EROs (Halliwell e Gutteridge, 1984; Malan et al., 1990; Elstern, 1991; Gille e Sigler, 1995; Foyer et al., 1997; Prasad e Rengel, 1998; Prasad et al., 1999; Tsugane et al., 1999; Geoffroy et al., 2002; Mittler, 2002; Pinheiro et al., 2002; Gottlieb, 1982).

2.6. Mecanismos de defesa contra o estresse oxidativo

As plantas monitoram seu estado intracelular de estresse por meio de seus níveis de EROs, seu descontrole resulta em acúmulos desencadeando efeitos devastadores (Moller et al., 2007). Por sua vez, o grau de estresse oxidativo em uma célula é determinado pela quantidade de radicais superóxido (O_2^\cdot), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e hidroxila (OH^\cdot) presentes. O balanço das atividades enzimáticas é crucial na supressão dos níveis tóxicos de EROs nas células (Apel e Hirt, 2004).

A planta apresenta adaptações anatômicas como mecanismos para evitar a produção de EROs, como à exemplo o movimento das folhas e sua curvatura, a refratação da luz pela epiderme, a presença de estruturas especiais de proteção dos estômatos. Também apresentam adaptações fisiológicas como às dos metabolismos

de plantas C4 e CAM, além de mecanismos moleculares que em função da qualidade de luz modificam o aparato fotossintético (Mittler, 2002).

Em seu processo metabólico a planta tenta evitar a formação ou excesso das EROs, mantendo o balanço entre disponibilidade de substrato e o requerimento de ATP no metabolismo mitocondrial com oxidases alternativas, proteínas de desapareamento e NAD(P)H desidrogenases (Moller, 2001).

Com o objetivo de redução desses acúmulos, as plantas possuem sistemas naturais para defesa antioxidante muito eficientes para eliminação das EROs que são composto por estruturas de natureza não-enzimática e enzimática evitando danos oxidativos (Blokhina et al., 2003).

As principais vias de retirada das EROs em plantas de natureza não-enzimática são ascorbato (AsA), a glutathiona (GSH), o β -caroteno e o α -tocoferol, que são capazes de prevenir a formação dos radicais livres, sequestrá-los ou realizar sua degradação, evitando a ocorrência de danos celulares nas plantas (Serkedjieva, 2011). Contudo, o equilíbrio entre a produção e a neutralização pode ser alterado, aumentando significativamente os níveis intracelulares de EROs, ocasionando o estresse oxidativo (Apel e Hirt, 2004). A regulação da expressão de genes codificantes de enzimas antioxidantes, cuja atividade evita ou reduz os danos potenciais causados pelas ROS, faz parte da resposta a esse estresse (Cyrne et al., 2003).

Dentre os antioxidantes de natureza enzimática destacam-se como principais enzimas (Hernández et al., 2001; Cavalcanti et al., 2004):

a) Superóxido dismutase (SOD): considerada enzima chave no processo de detoxificação celular, pois dismuta O_2^- em H_2O_2 , além de atuar em outras EROs (Apel e Hirt, 2004);

b) Catalase (CAT): responsável por eliminar o H_2O_2 produzido na fotorrespiração e na β -oxidação de ácidos graxos convertendo-o em H_2O e O_2 (Mittler, 2002), tal conversão ocorre no ciclo ascorbato-glutathiona, onde há produção de outras três enzimas importantes sendo: a monodehidroascorbato redutase (MDHAR), a dehidroascorbato redutase (DHAR) e a glutathiona redutase (GR) (Shigeoka et al., 2002);

c) Ascorbato peroxidase (APX): responsável por catalisar a conversão de H_2O_2 em H_2O e O_2 utilizando o ácido ascórbico como doador de elétrons específico (Yoshimura et al., 2000);

d) Glutathione peroxidase (GPX): responsável por converter H_2O_2 em H_2O (Imai e Nakagawa, 2003) e a

e) Guaiacol peroxidase (GOPX): que reage na presença de H_2O_2 que é reduzido e o guaiacol, oxidado, atua como doador de prótons. (Zeraik et al, 2008)

Segundo Lopes et al. (2003), outra enzima responsável pelo alívio do estresse oxidativo nas plantas, é a alfa-esterase (α -esterase), por proporcionar elevado nível de polimorfismo em resposta às interferências dos fatores abióticos, principalmente a estresses referentes advindos de poluições (Cacciatore et al., 2013).

A α -esterase e a beta-esterase (β -esterase) são consideradas eficientes enzimas relacionadas no metabolismo da Fase I dos xenobióticos (oxidação, redução e hidrólise) (Vicentini, 2014). Elas atuam rapidamente no sequestro de substâncias exógenas, porém com lenta metabolização (Cacciatore et al., 2013). Dentre as substâncias exógenas capazes de serem catalisadas pelas α -esterase têm-se os compostos herbicidas (Mannervik e Danielson, 1988).

3. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi avaliar a seletividade e eficácia de herbicidas em programas de manejo com aplicações antes e após o plantio da cana-de-açúcar.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em campo no período de janeiro de 2018 a março de 2019 no Centro de Cana, pertencente ao Instituto Agrônômico, município de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. A área é localizada a 621 m de altitude e em clima tipo Cwa (classificação de Koppen), característico de verões úmidos e quentes e invernos secos e frios, sendo registrados 1646 mm de chuvas (Tabela 2) no período experimental.

Tabela 2. Dados mensais de precipitação pluviométricos (mm) e temperatura média (°C) no período de 15/01/2018 à 31/03/2019. Instituto Agrônômico/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2018/2019.

Ano	Meses	Precipitação (mm)	Temperatura média (°C)
2018	Janeiro 2 ^a quinzena	83	26,6
	Fevereiro 1 ^a quinzena	35	25,5
	Fevereiro 2 ^a quinzena	99	25,1
	Março 1 ^a quinzena	72	26,5
	Março 2 ^a quinzena	108	26,4
	Abril	15,6	23,9
	Maio	11,7	21,8
	Junho	0,0	21,8
	Julho	2,1	21,2
	Agosto 1 ^a quinzena	21	19,9
	Agosto 2 ^a quinzena	7	23,1
	Setembro	64,4	24,2
Outubro	277,9	25,2	
Novembro	212,4	24,7	
Dezembro	89,2	26,2	
2019	Janeiro	81,9	27,0
	Fevereiro	321,0	25,9
	Março	145,4	25,5

Fonte: CIAGRO/ Instituto Agrônômico/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP. Dados amostrados diariamente às 07:00hs.

O solo local é do tipo Latossolo Vermelho de classe textural argilosa (531, 332 e 137 g kg⁻¹ de argila, areia e silte, respectivamente), as propriedades químicas do solo, antes e após a calagem, podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3. Resultado da análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm. Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2017/2018.

Características Analisadas	antes calagem
Acidez (pH em CaCl ₂)	4,6
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	43
Fósforo (mg dm ⁻³)	18
Potássio (mmolc dm ⁻³)	1,66
Cálcio (mmolc dm ⁻³)	16,33
Magnésio (mmolc dm ⁻³)	7,22
Hidrogênio + Alumínio (mmolc dm ⁻³)	47
Soma de bases (mmolc dm ⁻³)	25,21
CTC (mmolc dm ⁻³)	72,21
Saturação de Bases (V%)	34,91

Fonte: DMLab; Ribeirão Preto.

4.2. Cultivar empregada

No experimento foi utilizada a cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000, que é indicada para condições edafoclimáticas médios a favoráveis, mesmo com textura média de solo e em regiões de estresse hídrico. No ambiente de produção indicado, apresenta elevada brotação das gemas, população de colmos e produtividade, mesmo em soqueiras sob palhada. A cultivar também responde positivamente ao uso de maturadores, além de ser adaptada ao plantio mecanizado devido ao seu porte ereto (Bastos et al., 2017).

4.3. Preparo da área experimental

A área experimental era uma soqueira de cana-de-açúcar do sexto corte, que foi erradicada quimicamente com glyphosate (2434 g i.a. ha⁻¹) e quando as plantas estavam mortas aplicou-se 2,9 t ha⁻¹ de calcário dolomítico e, na sequência, o solo foi preparado com uma subsolagem e duas gradagens. Após 70 dias da calagem procedeu-se com a delimitação da área experimental de acordo com o delineamento em blocos casualizados com 10 tratamentos e quatro repetições (Tabela 4). As

parcelas foram constituídas para atender cinco linhas de cana-de-açúcar com 5 m de comprimento e espaçadas de 1,5 m (Figura 1), sendo consideradas as três linhas centrais para avaliações.

As parcelas eleitas para as aplicações em PPI, previamente foram enriquecidas com a semeadura a lanço das sementes das espécies de *M. aterrima* (376 g), *R. communis* (145 g), *M. aegyptia* (12 g), *I. hederifolia* (4 g) e *I. quamoclit* (3 g). Após a semeadura, utilizou-se de trator (Valtra BH 145) e grade leve para incorporação próxima a 0,10 m de profundidade. As quantidades utilizadas de sementes foram calculadas de acordo com o teste de germinação do fornecedor, de modo que se obtivesse no mínimo 12 plantas m⁻².

Na sequência, aplicou-se os tratamentos em PPI (Tabela 4), utilizando-se de um trator (Valtra, modelo BH 145) munido de pulverizador regulado para proporcionar 200 L ha⁻¹, além de barra de 12m com pontas tipo AIXR 11002 espaçadas de 0,50m. A aplicação de imazapyr (P2 e P6) foi realizada em 16/01/2018 (60 dias antes do plantio da cultura) e iniciou-se às 17h43min e terminou às 17h46min, sendo registradas no período 43% de umidade relativa do ar, 36°C de temperatura média do ar e ausência de ventos. As aplicações de amicarbazone (P3 e P7) e de sulfentrazone (P4 e P8) iniciaram-se às 8h33min e terminou as 9h10min (20 dias antes do plantio), no dia 02/03/2018 em condições climáticas com 70% de umidade relativa do ar, 27°C de temperatura média do ar e velocidade de vento em rajadas de 0 e 4,4 km h⁻¹. Após as aplicações, a incorporação também foi feita a 0,10m com a grade leve.

No dia 09/03/2018 (15 dias antes do plantio) nas parcelas que ainda não haviam recebido a aplicação em PPI, aplicou-se glyphosate (2592 g i.a. ha⁻¹) para eliminar as plantas daninhas estabelecidas, garantindo a condição de pré-emergência para os herbicidas aplicados em PRE. Transcorrido o período de pousio dos herbicidas (60 dias para imazapyr e 20 dias para amicarbazone e sulfentrazone), os sulcos foram abertos com espaçamento de 1,50m e adubados 550 kg ha⁻¹ do fertilizante formulado 8-28-16. Plantou-se manualmente o equivalente a 12 t ha⁻¹ de colmos da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000.

Tabela 4. Programas de manejo químico e os herbicidas utilizados. Instituto Agrônomo/Centro de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

Programa	Modalidade aplicação	Ingredientes ativos Dose (g i.a. ha ⁻¹)	Data de aplicação
P1	PPI	-	-
	PRE	diuron (1750) + sulfentrazone (875)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P2	PPI	imazapyr (532,6)	16/01/2018
	PRE	diuron (1750)+sulfentrazone (875)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050)+tebuthiuron (750)*	02/07/2018
P3	PPI	amicarbazone (1400)	02/03/2018
	PRE	diuron (875)+sulfentrazone (1750)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P4	PPI	sulfentrazone (900)	02/03/2018
	PRE	diuron (1750)+sulfentrazone (875)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P5	PPI	-	-
	PRE	indaziflam (100)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P6	PPI	imazapyr (532,6)	16/01/2018
	PRE	indaziflam (100)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P7	PPI	amicarbazone (1400)	02/03/2018
	PRE	indaziflam (100)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P8	PPI	sulfentrazone (900)	02/03/2018
	PRE	indaziflam (100)	27/03/2018
	POS-t	amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) + 2,4-D (1209)	02/07/2018
P9	Testemunha capinada (T _{capinada})		
P10	Testemunha com plantas daninhas (T _{pds}) – sem capina		

PPI: aplicação em pré-plantio e incorporado; PRE: aplicação após plantio e em pré-emergência da cultura e das plantas daninhas; POS-t: aplicação em pós-emergência tardia da cultura e plantas daninhas. 2,4-D (1209 g i.a. ha⁻¹) = produto comercial Aminol® (1,5 L ha⁻¹), fabricante Adama Brasil S.A.; amicarbazone (1400) = produto comercial Dinamic® (2 L ha⁻¹), fabricante Arysta LifeScience do Brasil; amicarbazone (1050) + tebuthiuron (750) = produto comercial Oris® (3 Kg ha⁻¹), fabricante Arysta LifeScience do Brasil; diuron (1750) + sulfentrazone (875) = produto comercial Stone® (5 L ha⁻¹), fabricante FMC Química do Brasil Ltda; imazapyr (532,6) = produto comercial Contain® (2 L ha⁻¹), fabricante BASF S.A. do Brasil; indaziflam (100) = produto comercial Alion® (0,2 L ha⁻¹), fabricante Bayer S.A. do Brasil; sulfentrazone (900) = produto comercial Boral (1,6 L ha⁻¹), fabricante FMC Química do Brasil Ltda.

Antes ao plantio (23/03/18), a área foi novamente delimitada para atender o delineamento estatístico. Na sequência, as parcelas sem semeadura de plantas daninhas, que não receberam aplicações em PPI, foram enriquecidas com sementes nas mesmas quantidades utilizadas nos tratamentos em PPI. As sementes foram semeadas e incorporadas ao solo a 0,10 m de profundidade com auxílio de grade leve tratorizada. O plantio da cultura na área experimental ocorreu no dia 24/03/2018.

Na sequência procedeu-se com a aplicação dos herbicidas nos tratamentos em PRE (Tabela 4) no dia 27/03/2018, com o auxílio de pulverizador costal pressurizado com CO₂, munido barra de aplicação de 3 m com 6 pontas pulverizadores tipo jato plano modelo TT 11002, espaçadas de 0,50 m e volume de calda de 250 L ha⁻¹. A aplicação iniciou-se às 17h33min e terminou às 18h22min, sendo registradas no período 69% de umidade relativa do ar, 27°C de temperatura média do ar e ausência de ventos.

Após 90 dias do plantio (22/06/18) fez-se o nivelamento da superfície do solo entre as entrelinhas e linha de plantio (“operação quebra lombo”) e aos 97 dias após plantio (02/07/2018) fez-se a aplicação dos tratamentos em pós-emergência tardia da cultura e plantas daninhas (POS-t), não controladas pelos tratamentos anteriores. Os herbicidas amicarbazone (1050 g ha⁻¹) + tebuthiuron (750 g ha⁻¹) foram aplicados com trator regulado conforme a aplicação em PPI, porém, com as pontas de pulverização equipadas com prolongadores (jato semidirigido) para que a calda do herbicida não atingisse as folhas da cultura. A aplicação iniciou-se às 9h20min e finalizou-se às 9h55min, período que registrou-se 69% de umidade relativa do ar, 28°C de temperatura média do ar e ausência de ventos.

4.4. Atributos avaliados

As avaliações sobre as plantas daninhas e as plantas de cana-de-açúcar ocorreram dentro da área útil das parcelas do experimento.

4.4.1. Avaliações sobre as plantas daninhas

a) Percentuais (%) de cobertura geral (CG) e cobertura específica (CE) nas parcelas T_{pds} : realizadas aos 30, 82, 127, 240 e 360 dias após aplicação em PRE (DAPRE). A cobertura geral (CG) foi caracterizada com nota crescente, variando entre 0 e 100% de acordo com a infestação, considerando todas as espécies. O mesmo critério foi adotado para caracterizar a cobertura específica (CE) de cada espécie.

b) Eficácia de controle (%): aos 30, 82, 127, 240 e 360 DAPRE. Foi utilizada uma escala visual de 0 a 100, sendo que 0% representa nenhum controle e 100% controle total das plantas daninhas (SBCPD, 1995).

c) Levantamento fitossociológico: avaliada a flora emergente aos 240 DAPRE (ocasião do limite para o fechamento do dossel da cultura). Foi utilizando quadrados vazados de 0,5 x 0,5 m lançados ao acaso por quatro vezes em cada parcela (1,0 m²).

As plantas abrangidas pelo quadrado de amostragem foram identificadas, contadas e recolhidas para determinação da massa seca em estufa com aeração forçada à 75°C até peso constante. No caso das plantas de hábito trepador, para o número de indivíduos tomou-se como referência as partes das plantas presentes dentro do quadro. No caso, mesmo com suas raízes e ramificações fora do quadro amostral, as plantas foram identificadas e contabilizada como uma única. Os dados obtidos foram utilizados para a obtenção, particularmente, da densidade relativa (plantas m⁻²) e o índice de valor de importância (IVI -%) das espécies estudadas, segundo a metodologia de Mueller-Dombois e ElleMBERG (1974).

Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F conforme o delineamento proposto e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.4.2. Avaliações sobre as plantas de cana-de-açúcar

a) Sintomas visuais de intoxicação (%): aos 30, 82, 127, 240 e 360 DAPRE, atribuindo, visualmente, notas percentuais de acordo com os sintomas de intoxicação na parte aérea das plantas de cana-de-açúcar. Na escala percentual utilizada, a variação ocorre de 0 a 100, sendo que 0% representa ausência de sintomas de intoxicação e 100% morte das plantas.

b) Índice de cor verde das folhas (índice SPAD): aos 82 e 127 DAPRE Utilizou-se do clorofilômetro de campo Modelo Spad 502 Minolta, no terço médio da folha +1 de 4 plantas escolhidas ao acaso na área útil da parcela.

c) Fluorescência da clorofila no FSII (Fv/Fm): aos 82 e 127 DAPRE, através de fluorômetro portátil (modelo OPTICE SCIENCE), no terço médio da folha +1, com tempo de adaptação ao escuro de 30 minutos, em 4 plantas escolhidas ao acaso na área útil da parcela. A Fluorescência da clorofila no FSII, é dada pela razão Fv/Fm , onde Fv é a fluorescência variável e Fm é a fluorescência máxima.

d) Altura (cm): aos 127, 240, 300 e 360 DAPRE, medindo-se a distância do solo até a lígula da última folha completamente desenvolvida de 10 colmos escolhidos ao acaso na área útil da parcela.

e) Estande (colmos m^{-1}): avaliados aos 127, 240, 300 e 360 DAPRE, contando-se a quantidade de colmos nas três linhas centrais.

f) Produtividade ($t\ ha^{-1}$): aos 360 DAPRE, estimada a produtividade a partir da escolha de um ponto ao acaso entre as linhas centrais de cada parcela, no qual coletou-se todos os colmos em 1,50 m de sulco e pesou-se o feixe. A partir da área colhida, estimou-se a produtividade em $t\ ha^{-1}$.

g) Perfil da alfa-esterase (α -esterase): aos 82, 127 e 360 DAPRE. Para cada parcela escolheu-se um colmo em cada linha útil e coletou-se a folha +1. Ao final, fez-se uma amostra composta para cada tratamento, na qual considerou-se apenas o terço médio das folhas. As amostras compostas foram acondicionadas em cassetes tipo histológicos e armazenadas em gelo no espaço entre a coleta e o transporte até o laboratório. Posteriormente, caracterizou-se o perfil isoenzimático da α -esterase de acordo com Alfenas et al. (2006), por meio de eletroforese. Os géis obtidos foram escaneados e a imagem obtida foi analisada pelo software ImageJ, obtendo a somatório da área ocupada pelas bandas de cada perfil isoenzimático em cada

tratamento. Para obter-se uma comparação prática, adotou-se uma margem de 5% sobre o padrão da T_{capinada} , sendo que os padrões com valores fora da margem foram considerados diferentes entre si.

Os dados obtidos foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F conforme o delineamento proposto e as médias comparadas pelo teste de Student (LSD) a 10% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Controle das plantas daninhas

5.1.1. *Mucuna aterrima*

No período experimental, em detrimento do acumulado de chuvas (1646 mm) e da temperatura favorável (temperatura média de 24,2 °C), aos 30 e 82 DAPRE observou-se cobertura geral (CG) de plantas daninhas, na área da parcela do tratamento testemunha sem capina (T_{pds}), de 61,25% e 55,00%, sendo a *M. aterrima* responsável pela infestação de 57,08 e 63,75% de cobertura específica (CE) (Tabela 5). Aos 127 DAPRE, 40 dias após a operação do nivelamento solo e destruição mecânica das plantas daninhas (quebra-lombo - QL), a T_{pds} apresentava 63,89% da área coberta pela espécie (Tabela 5). Com 240 DAPRE, haviam 38,33 plantas m^{-2} com acúmulo de 255,71 g de massa seca vegetal (Tabela 6) e 82,22% de infestação. Aos 360 DAPRE a espécie representava 96,67% da infestação na T_{pds} (Tabela 5).

Nos tratamentos herbicidas, aos 30 DAPRE (Tabela 5), constatou-se o controle da espécie, particularmente nos tratamentos que envolveram as aplicações sequenciais em PPI + PRE (>98,20%). Os tratamentos que contemplaram apenas a aplicação em PRE (P1 e P5) apresentaram controles inferiores a 85,01%. Aos 82 DAPRE (Tabela 5), verificou-se o controle da mucuna-preta, nos tratamentos com aplicações em PPI + PRE superiores a 98,43% e nos tratamentos apenas com aplicação em PRE (P1 e P5) foram observados controles inferiores a 80%.

Como *M. aterrima* desenvolve densa massa vegetal (Oliveira et al., 2010) e tida como espécie tolerante a ação dos herbicidas (Silva et al, 2012a), controles acima de 98,43% são classificados como excelentes na prática (SBPCPD, 1995). Todos os tratamentos eficazes (P2 ao P4 e P6 ao P8) tem em comum a aplicação com incorporação dos herbicidas antes do plantio (PPI).

Tabela 5. Eficácia de controle (%) dos programas e percentual de cobertura geral (%CG) e de cobertura específica (%CE) na T_{pds} de *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* avaliadas aos 30, 82, 127, 240 e 360 dias após aplicação em pré-emergência (DAPRE). Instituto Agrônomo/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

Programa	DAPRE									
	<i>Mucuna aterrima</i>					<i>Ricinus communis</i>				
	30	82	127	240	360	30	82	127	240	360
P1	75,66 c	79,07 b	93,10 b	42,48 b	0,00 b	88,89 b	89,60 b	99,9 a	99,01 a	100 a
P2	99,05 a	99,02 a	99,86 a	98,33 a	95,00 a	99,50 a	99,70 a	100 a	99,79 a	100 a
P3	98,35 a	98,43 a	99,72 a	98,89 a	99,17 a	97,97 a	98,00 a	100 a	100,00 a	100 a
P4	99,40 a	98,89 a	99,86 a	99,72 a	90,97 a	96,29 a	94,90 ab	100 a	99,86 a	100 a
P5	85,01 b	79,95 b	95,89 b	42,05 b	0,00 b	81,52 c	83,10 c	99,5 a	97,86 a	100 a
P6	99,01 a	99,31 a	99,86 a	98,12 a	81,94 a	97,46 a	97,92 a	100 a	99,54 a	99,5 a
P7	98,20 a	98,75 a	100 a	99,58 a	99,86 a	98,76 a	98,63 a	100 a	100 a	100 a
P8	99,83 a	98,89 a	100 a	98,51 a	84,17 a	96,99 a	95,37 a	100 a	99,95 a	100 a
T _{capinada}	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
F	53,39**	44,90**	14,15**	68,57**	22,93**	17,26**	19,87**	2,17ns	1,97ns	1,00ns
Tukey (5%)	5,70	6,18	3,18	14,53	40,81	7,07	6,02	0,81	2,44	0,89
CV (%)	2,49	2,72	1,34	6,99	23,47	3,09	2,63	0,34	1,02	0,37
%CG na T _{pds}	61,25	55,00	13,33	79,44	100,00	61,25	55,00	13,33	79,44	100,00
%CE na T _{pds}	57,08	63,75	63,89	82,22	96,67	31,25	32,92	20,00	13,89	3,33

P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação aos 97 DAPRE em POS-t (1050 g ha⁻¹ amicarbazone + 750 g ha⁻¹ tebutiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); Tcapinda – testemunha capinada; T_{pds} – testemunha sem capina; %CG na T_{pds} – percentual de cobertura geral da T_{pds}; %CE na T_{pds} – percentual de cobertura específica da T_{pds}. ns: não significativo; Aos 87 DAPRE em todos programas foram realizados a operação de “quebra-lombo” e controle mecânica das plantas daninhas. * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; ** significativo a 1% - sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação.

Tabela 6. Densidade relativa, índice de valor de importância (IVI) e massa vegetal seca (g) de *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis* avaliadas aos 240 dias após aplicação em pré-emergência. Instituto Agronômico/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

	Programa	<i>Mucuna aterrima</i>	<i>Ricinus communis</i>
Densidade relativa (plantas m ⁻²)	P1	16,67	0,00
	P2	0,67	0,00
	P3	0,25	0,00
	P4	0,33	0,00
	P5	22,75	0,25
	P6	0,50	0,00
	P7	0,00	0,00
	P8	0,00	0,00
	T _{capinada}	0,00	0,00
T _{pds}	38,33	2,89	
IVI (%)	P1	100,00	0,00
	P2	47,79	0,00
	P3	100,00	0,00
	P4	100,00	0,00
	P5	78,11	7,25
	P6	100,00	0,00
	P7	0,00	0,00
	P8	0,00	0,00
	T _{capinada}	0,00	0,00
T _{pds}	65,00	24,00	
Massa vegetal seca (g)	P1	196,88	0,00
	P2	13,56	0,00
	P3	5,49	0,00
	P4	11,01	0,00
	P5	223,57	20,53
	P6	5,13	0,00
	P7	0,00	0,00
	P8	0,00	0,00
	T _{capinada}	0,00	0,00
T _{pds}	255,71	92,51	

P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE ((1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação POS-t (1050 g ha⁻¹ amicarbazone + 750 g ha⁻¹ tebuthiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); Tcapinada- testemunha capinada; T_{pds} – testemunha sem capina.

Observações em campo, permitem entender que a incorporação à 0,10 m coloca as moléculas em contato com maior número de sementes distribuídas no perfil do solo, de modo que ao iniciar a germinação, as sementes absorvam água e herbicida. Segundo Satichivi et al. (2000), os herbicidas absorvidos pelas sementes são translocados pelas plântulas a medida que está se desenvolvem. Assim que atingem o sítio de ação correspondente ao seu mecanismo de ação, passam a interferir em seu desenvolvimento

Dentre os manejos sequenciais constatou-se que ao utilizar imazapyr, amicarbazone e sulfentrazone em PPI seguidas da aplicação em PRE de diuron+sulfentrazone ou indaziflam, obtiveram controles excelentes (>98,43%), reflexo do período de pousio que as parcelas permaneceram com a ação do produto. Esses resultados, fomentam aos produtores o uso de amicarbazone e sulfentrazone em substituição ao imazapyr. Beluci et al. (2013) observaram que a aplicação na dose de 1500 g i.a. ha⁻¹ de imazapyr não é suficiente no controle de novos fluxos de emergência de *M. aterrima*.

A substituição dos produtos é interessante também, pois pode-se realizar plantios intermediários, como de soja e milho safrinhas ou de amendoim, após a colheita da cana-de-açúcar e antes da renovação do canavial, estendendo a cultura intermediária a parte do período que seria destinado ao pousio (60 dias) de áreas com aplicação de imazapyr.

Ocorre que ambas moléculas apresentam solubilidade média a alta em água ($S_w = 4600$ amicarbazone e $S_w = 780$ mg L⁻¹ sulfentrazone) e baixo coeficiente de sorção ($K_{oc} = 30$ amicarbazone e 43 mL g⁻¹ sulfentrazone), o que permite que sejam facilmente disponibilizadas à solução do solo. Entretanto, o imazapyr possui S_w (9740 mg L⁻¹) extremamente elevada e K_{oc} baixo (100 mL g⁻¹) e pode ser muito móvel no solo. Outra restrição de uso do herbicida é que precisa ser aplicado com antecedência de 60 dias do plantio e ser exposto ao mínimo 90mm de chuvas (MAPA, 2019).

Enquanto a estratégia de apenas uma aplicação em PRE foi suficiente para conter no máximo 85% da infestação aos 30 DAPRE (Tabela 5). Por ser uma espécie de rápido crescimento (Oliveira et al., 2010), os 15% não controlados rapidamente se desenvolveram e passaram a competir com o canavial. Certamente, em situações de elevado banco de sementes, como no caso da semeadura no experimento, observou-se a necessidade de aplicações sequenciais.

Conforme dados apresentados por Bressanin et al. (2015), o sulfentrazone aplicado isolado em PRE, apresenta resultados satisfatórios superiores a 86% no controle de mucuna-preta até 60 DAPRE, entretanto aos 90 DAPRE esse reduz para 77,50 %. Silva et al. (2012a) verificou que o sulfentrazone aos 30 e 45 DAPRE causaram intoxicação na planta de 44 e 68%. Silva et al. (2015b) verificaram aos 21 DAPRE que as doses de 300, 600 e 900 g i.a. ha⁻¹ controlaram mais de 90% dessa espécie.

Em função da restrição hídrica no solo, no período experimental, com registros de 57,9 mm de precipitação pluviométrico no período de abril a setembro de 2018 (Tabela 2). No tratamento com aplicação em PRE do formulado diuron + sulfentrazone (P1), apenas a molécula de sulfentrazone, que possui alta Sw (780 mg L⁻¹) e baixo Koc (43 mL g⁻¹), estava disponível na solução do solo.

O contrário foi observado quando o amicarbazone e sulfentrazone foram aplicados em PPI (P3 e P4), programas realizados no período de intensas chuvas (janeiro e fevereiro de 2018, com regime pluviométrico de 211,0 e 133,4 mm, respectivamente), obtendo efetivo controle.

Apesar do amicarbazone, devido suas características físico-químicas, ser ideal para o controle da mucuna-preta aplicado em pós-emergência tardia (POS-t) (Bressanin et al, 2015), nas condições em que foi alocado nesse experimento com o formulado amicarbazone+tebuthiuron, apresentava-se pouca disponibilidade hídrica, sendo que no período de abril à setembro de 2018, foram contabilizados 57,9 mm de precipitação pluviométrica (Tabela 2) e seu efeito residual esperado em conter a emergência de novos fluxos da planta de mucuna-preta não foi atingido aos 240 e 360 DAPRE (Tabela 5) nos tratamentos P1 e P5.

Aos 90 DAPRE foi realizado, em todos tratamentos incluindo as testemunhas (T_{capinada} e T_{pds}), o nivelamento do solo, operação denominada de QL, que proporcionou além do nivelamento a destruição mecânica das plantas daninhas que já haviam se instaladas nas parcelas. Aos 97 DAPRE foi realizada a aplicação em POS-t, com auxílio de jato semi-dirigido.

Aos 127 DAPRE observou-se controles acima de 93,10% para todos os tratamentos, tidos entre excelentes a muito bom (SBCPD,1995). Mas, os resultados de controle dessa avaliação estão influenciados pelas aplicações sequenciais em PRE e POS-t, além do “quebra-lombo” aos 90 DAPRE. Contudo, observou-se nessa avaliação, que a pouca infestação remanescente de *M. aterrima* nos tratamentos

(Tabela 5), foi proveniente das plantas da espécie presentes nas linhas de plantio da cultura, que não foram controladas por ação mecânica e pela aplicação POS-t com o jato semidirigido.

O jato semidirigido, normalmente, é empregado para aplicações de produtos fitossanitários da cultura em estágio avançado de desenvolvimento direcionadas, na linha, no caso de inseticidas, ou para na entre linha, no caso de herbicidas, evitando atingir a cultura, minimizando efeitos de fitotoxicidade ou até deletérios. Os tratamentos P1 e P5 foram os que apresentaram maiores quantidades de plantas remanescentes de *M. aterrima* nas linhas de plantio aos 127 DAPRE.

Após um longo período de estresse hídrico, quando as chuvas voltaram a se regularizar (outubro e novembro/2018), já era momento do fechamento do dossel da cultura (novembro de 2018), a mucuna-preta já havia se estabelecido nas áreas não controladas e apresentavam-se em estágio de produção de vagens, mesmo ocorrendo registros acumulados de 490,3 mm de precipitação entre outubro e novembro, as moléculas dos herbicidas presentes no solo não foram suficientes para interromper o desenvolvimento da planta.

Nota-se aos 240 DAPRE (Tabela 6), que P1 e P5 apresentaram 16,67 e 22,75 plantas m⁻² de *M. aterrima*, respectivamente, e peso seco de massa vegetal de 196,88 e 255,71 g, evidenciando que ela foi a planta que apresentou maior Índice de Valor de Importância (IVI) nos tratamentos em que foi detectada. Nos programas em que a *M. aterrima* apresentou controle superior a 85%, aos 30 DAPRE (Tabela 5), a quantidade de plantas m⁻² (Tabela 6) foi inferior a 1 (P2 ao P4 e P6) ou inexistente (P7 e P8). Verifica-se ainda, aos 240 DAPRE, que os tratamentos com aplicação apenas em PRE (P1 e P5), apresentaram controles inferiores a 43% para essa espécie.

Os dados contidos na Tabela 5 e Tabela 6, aos 240 DAPRE, evidenciam a eficiência e importância das aplicações realizadas previamente ao plantio (PPI) para o controle da *M. aterrima*. Pois, entre as aplicações de 127 e 240 DAPRE ocorreu o retorno das chuvas, sendo contabilizados 504 mm em 113 dias. As chuvas proporcionaram novos fluxos de emergência das plantas daninhas bem como seu melhor desenvolvimento. A alta infestação da espécie no P1 e P5, foi decorrente dos novos fluxos de emergências associada ao desenvolvimento das plantas remanescentes das linhas de plantio da cultura não controladas pelo QL e pela POS-t.

Na última avaliação (360 DAPRE), os tratamentos P1 (diuron+sulfentrazone em PRE) e P5 (indaziflam em PRE), mesmo associados ao controle mecânico e a aplicação em POS-t (amicarbazone+tebuthiuron+2,4-D) aos 97 dias do plantio, não foram suficientes para manter o canavial fechado no limpo até a colheita aos 360 DAPRE (Tabela 5). A tentativa de utilizar o indaziflam como herbicida PRE, vem-se de resultados positivos no controle de plantas do gênero *Ipomoea* spp. que são espécies de plantas que também possuem sementes com grandes reservas nutricionais (Guerra et al. 2015; Amim et al. 2014).

Entre as avaliações de 240 a 360 DAPRE foram registrados 716 mm de precipitação pluviométrica. As chuvas foram as responsáveis pelo desenvolvimento e vigorosidade das plantas de *M. aterrima* após a avaliação de 127 DAPRE.

Favero et al. (2001) verificaram em seus estudos que a *M. aterrima*, apresenta num curto período de tempo rápido desenvolvimento, sendo que em menos de 60 dias ela ocupava cerca de 99% da superfície do solo. Nota-se que os dados observados neste experimento (Tabela 5) corroboram à Favero et al. (2001), pois aos 30 DAPRE há uma elevada infestação de plantas daninhas na T_{pds} (CG = 61,25%), sendo a *M. aterrima* responsável por mais da metade dessa infestação (CE = 57,08%).

A agressividade da espécie é notável ao longo do tempo, tanto na T_{pds} quanto nos tratamentos que não foram eficazes seu controle (P1 e P5), principalmente nas avaliações realizadas aos 240 e 360 DAPRE. Pode-se observar que aos 240 e 360 DAPRE na T_{pds} a CG era de 79,44% e 100%, respectivamente, tendo a *M. aterrima* participação de 82,22% e de 96,67% da CE. No P1 e P5 a cobertura da espécie nas parcelas foi de praticamente 100% para os dois períodos citados.

5.1.2. *Ricinus communis*

Aos 30 DAPRE e 82 DAPRE (Tabela 5) observou-se que 31,25 e 32,92% da área das parcelas da T_{pds} estavam infestadas com *R. communis* e aos 127, 240 e 360DAPRE foram reduzindo sua infestação, apresentando CG de 20,00; 13,89 e 3,33%, respectivamente. No levantamento de densidade relativa, ocorrido aos 240 DAPRE, observou-se que a T_{pds} apresentava 2,89 plantas m^{-2} , equivalente a 92,51 g

de massa seca vegetal (Tabela 6), sendo a planta com segunda maior representatividade nos tratamentos (IVI).

Aos 30 DAPRE (Tabela 5) notou-se que os tratamentos compostos por aplicações em PPI e PRE (P2 ao P4 e P6 ao P8) obtiveram controles da mamona superiores a 96,29%, enquanto os tratamentos com aplicação em PRE (P1 e P5) apresentaram controles entre 81,52 e 88,89%. Aos 82 DAPRE (Tabela 5) todos tratamentos herbicidas, apresentaram controle da espécie, sendo classificado como bom no P1 e P5 (valores entre 80 e 90%), muito bom no P4 e P8 (valores entre 90 e 95%) e excelente no P2, P3, P6 e P7 (valores entre 95 e 100%), segundo a SBCPD (1995).

Constatou-se, que tanto nos manejos utilizando aplicações das moléculas em PPI (P2 ao P4 e P6 ao P8) quanto apenas os manejos com aplicação em PRE (P1 e P5) obtiveram controles superiores a 83,1%, corroborando aos resultados de Zera et al. (2011) e Silva et al. (2015b).

Aos 127 DAPRE observou-se controles acima de 99,5% para todos os tratamentos, tidos entre excelentes (SBCPD,1995). Resultados de controle, estes, influenciados pelas aplicações sequenciais em PRE e POS-t e da destruição mecânica das plantas daninhas aos 90 DAPRE. A aplicação 2,4-D foi eficiente no controle em POS-t, tanto de *M. aterrima* quanto de *R. communis*, contudo essa molécula não apresenta efeito residual.

Aos 240 DAPPRE apenas o tratamento P5 apresentou controle inferior a 99% da espécie (Tabela 5). A representatividade de *R. communis* manteve-se baixa ao longo do experimento, sendo que aos 240 DAPRE (Tabela 6), apenas no tratamento P5 ela foi encontrada no lançamento dos quadros vazados, apresentando 0,25 planta m⁻², peso seco de massa vegetal de 20,53 g e IVI de 1,09%.

Na avaliação de 360 DAPRE (Tabela 5), o controle de *R. communis* foi excelente (>99,5%) em todos tratamentos de manejo químico (SBCPD,1995). Contudo, notou-se no P1 e P5, tratamentos que não apresentaram controle de *M. aterrima*, que a redução da presença da mamona foi resultante da supressão promovida pelo grande volume de massa vegetal produzida pela mucuna-preta, que foi predominante nessas parcelas, cobrindo 100% da área experimental nesses tratamentos inclusive na T_{pds} (3,33%).

Silva et al. (2015b), constataram na aplicação em pós-emergência de amicarbazone (1400 g i.a. h⁻¹) controle de 100% da planta para *R. communis*, a partir

da dose de 350 g i.a. h⁻¹, aos 21 DAA, esse controle já era notado. Para sulfentrazone, aos 21 DAA, o mesmo autor observou que as doses de 150, 300, 600 e 900 g i.a. ha⁻¹ controlaram mais de 95% da mamona. Zera et al. (2011), verificaram suscetibilidade de *R. communis* silvestre ao sulfentrazone aplicado em solo argiloso, com sintomas de fitotoxicidade severos, com notas de 96% aos 30 DAPRE.

5.1.3. *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit*

Na avaliação de controle das cordas-de-viola, *M. aegyptia*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, verificou-se que não houve uniformidade na distribuição dessas espécies ao longo dos períodos avaliados na T_{pds} (Tabela 7).

A *M. aegyptia* (Tabela 7), na T_{pds}, apresentou aos 30, 82, 127 DAPRE infestação de 7,08, 2,92, 11,11%, respectivamente, e nas duas últimas avaliações a espécie não foi encontrada. Enquanto, a *I. hederifolia* (Tabela 7) apresentou infestações de 1,67; 0,42 e 4,44% aos 30, 82 e 127 DAPRE, respectivamente, também não sendo encontradas nas avaliações de 240 e 360 DAPRE. Contudo, para *I. quamoclit* (Tabela 7) verificou-se a presença de 2,92% de infestação aos 30 DAPRE e novos fluxos de emergências apenas aos 240 DAPRE (3,89%). Possivelmente essa desuniformidade é resultante da germinação escalonada das plantas pertencentes a família das Convolvulaceas.

No levantamento fitossociológico (Tabela 8), ocorrido aos 240 DAPRE, observou-se na T_{pds} participação apenas de *I. quamoclit*, que apresentava 3,11 plantas m⁻², equivalente a 3,38 g de massa seca vegetal. Enquanto, *M. aegyptia* e *I. hederifolia* foram as plantas com menor representatividade nos tratamentos (IVI).

Tabela 7. Eficácia de controle (%) dos programas e percentual de cobertura geral (%CG) e de cobertura específica (%CE) na T_{pds} de *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* avaliadas aos 30, 82, 127, 240 e 360 dias após aplicação em pré-emergência (DAPRE). Instituto Agrônomo/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

Programa	DAPRE														
	<i>Merremia aegyptia</i>					<i>Ipomoea hederifolia</i>					<i>Ipomoea quamoclit</i>				
	30	82	127	240	360	30	82	127	240	360	30	82	127	240	360
P1	98,62 b	99,01 a	100 a	99,40 a	100 a	100 a	99,83 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
P2	99,92 ab	99,45 a	100 a	99,48 a	99,58 a	100 a	100 a	100 a	99,89 a	100 a	100 a	100 a	100 a	99,44 a	99,17 a
P3	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	99,93 a	100 a	100 a	100 a	100 a	99,93 a	100 a
P4	100 a	100 a	100 a	99,93 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	99,92 a	100 a	99,93 a	100 a
P5	96,39 c	95,87 b	100 a	99,41 a	100 a	99,36 a	99,08 b	100 a	100 a	100 a	100 a	99,30 b	100 a	99,41 a	100 a
P6	99,92 ab	99,45 a	100 a	99,89 a	96,67 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	99,80 a	99,86 a
P7	100 a	99,99 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	99,86 a	100 a	100 a	99,99 a	100 a	99,86 a	100 a
P8	99,98 ab	100 a	100 a	99,95 a	100 a	100 a	99,83 a	100 a	99,95 a	100 a	100 a	99,93 a	100 a	99,95 a	100 a
T _{capinada}	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a
F	18,31**	6,44**	0	0,71ns	0,96ns	2,53*	4,83**	0,00	1,00ns	0,00	11,79**	23,13**	0,00	0,68ns	0,95ns
Tukey (5%)	1,37	2,53	0	1,52	5,41	0,64	0,66	0,00	0,28	0,00	0,48	0,23	0,00	1,31	1,36
CV (%)	0,58	1,06	0	0,63	2,26	0,27	0,27	0,00	0,10	0,00	0,20	0,09	0,00	0,54	0,57
% CG na T _{pds}	61,25	55,00	13,33	79,44	100	61,25	55,00	13,33	79,44	100	61,25	55,00	13,33	79,44	100
% CE na T _{pds}	7,08	2,92	11,11	0,00	0,00	1,67	0,42	4,44	0,00	0,00	2,92	0,00	0,00	3,89	0,00

P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazono) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazono) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação aos 97 DAPRE em POS-t (1050 g ha⁻¹ amicarbazono + 750 g ha⁻¹ tebuthiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); Tcapinda – testemunha capinada; T_{pds} – testemunha sem capina; %CG na T_{pds} – percentual de cobertura geral da T_{pds}; %CE na T_{pds} – percentual de cobertura específica da T_{pds}. ns: não significativo; Aos 87 DAPRE em todos programas foram realizados a operação de “quebra-lombo” e controle mecânica das plantas daninhas. * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; ** significativo a 1% - sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação.

Tabela 8. Densidade relativa, índice de valor de importância (IVI) e massa vegetal seca (g) de *Merremia aegyptia*, *Ipomoea hederifolia* e *Ipomoea quamoclit* avaliadas aos 240 dias após aplicação em pré-emergência. Instituto Agronômico/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

	Programa	<i>Merremia aegyptia</i>	<i>Ipomoea hederifolia</i>	<i>Ipomoea quamoclit</i>
Densidade relativa (plantas m ⁻²)	P1	0,00	0,00	0,00
	P2	0,25	0,25	0,75
	P3	0,00	0,00	0,00
	P4	0,00	0,00	0,50
	P5	0,50	0,25	0,25
	P6	0,00	0,00	0,00
	P7	0,00	0,25	0,00
	P8	0,00	0,00	0,00
	T _{capinada}	0,00	0,00	0,00
	T _{pds}	0,00	0,00	3,11
IVI (%)	P1	0,00	0,00	0,00
	P2	13,36	15,72	23,14
	P3	0,00	0,00	0,00
	P4	0,00	0,00	37,81
	P5	5,44	4,68	4,52
	P6	0,00	0,00	0,00
	P7	0,00	100	0,00
	P8	0,00	0,00	0,00
	T _{capinada}	0,00	0,00	0,00
	T _{pds}	0,00	0,00	10,88
Massa vegetal seca (g)	P1	0,00	0,00	0,00
	P2	0,33	1,48	0,86
	P3	0,00	0,00	0,00
	P4	0,00	0,00	0,39
	P5	4,33	1,21	0,91
	P6	0,00	0,00	0,00
	P7	0,00	0,00	0,00
	P8	0,00	0,00	0,00
	T _{capinada}	0,00	0,00	0,00
	T _{pds}	0,00	0,00	3,38

P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE ((1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação POS-t (1050 g ha⁻¹ amicarbazone + 750 g ha⁻¹ tebuthiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); Tcapinada- testemunha capinada; T_{pds} – testemunha sem capina.

Todos os tratamentos estudados, manejados em combinações com aplicações de herbicidas em PPI e PRE (P2 ao P4 e P6 ao P8) e manejados apenas com aplicação em PRE (P1 e P5), para o controle de *M. aegyptia*, *I. hederifolia* e *I. quamoclit* (Tabela 7), apresentaram controles superiores a 95,87% (P5 aos 82 DAPRE) e aos 360 DAPRE 100% de ausências das plantas, devido a supressão promovida pela massa vegetal das plantas de *M. aterrima* que já dominava 100% da área (Tabela 5).

Correia et al. (2013), confirmaram que sulfentrazone isolado (0,6 e 0,9 kg i.a. ha⁻¹), aplicado sobre palhada (14 t ha⁻¹) de cana-de-açúcar é eficaz para *I. hederifolia* e *I. quamoclit*, controlando 100% aos 92 DAPRE e a aplicação isolada de amicarbazone (1400 g i.a. ha⁻¹) controla 99,50% dessas plantas. Segundo estudos de Silva et al. (2015b), o sulfentrazone aplicado a partir de 200 g i.a. ha⁻¹ controla 100% de *M. aegyptia* e o amicarbazone aplicado isoladamente a partir doses de 262,5 g i.a. ha⁻¹ controla tanto *M. aegyptia* quanto *I. hederifolia*.

Aos 240 DAPRE, através da fitossociologia realizada (Tabela 8), constatou-se que os tratamentos P2, P3, P4, P7 e P8 reduziram significativamente a emergência das plantas das cordas-de-viola. Foram detectadas plantas de *M. aegyptia* apenas nos tratamentos P2 (0,25 planta m⁻² e massa seco de 0,33 g) e P5 (0,50 planta m⁻² e massa seca de 4,33 g).

Plantas da espécie *I. hederifolia* (Tabela 8) foram encontradas nos tratamentos P2, P5 e P7 (0,25 planta m⁻² com massa seca inferior a 1,48 g, sendo nem detectada no P7) e plantas de *I. quamoclit* (Tabela 8) nos tratamentos P2 (0,75 planta m⁻² com massa seca de 0,86), P4 (0,50 planta m⁻² e massa seca de 0,39 g) e P5 (0,25 planta m⁻² e massa seca de 0,91 g). Sendo que as cordas-de-viola foram as espécies de menores representatividade nos tratamentos.

5.2. Desenvolvimento da cultivar de cana-de-açúcar IACSP95-5000

5.2.1. Teor de verde (SPAD) e razão da fluorescência da clorofila (F_v/F_m)

A aplicação dos herbicidas, em aplicações sequenciais entre os diferentes manejos, não foi suficiente para promover sintomas visuais de intoxicação nas plantas de cana-de-açúcar. Em nenhum tratamento foi constatado manchas, tecidos necrosados ou ainda pontas secas e retorcidas durante todo período experimental.

Usualmente, em doses inadequadas ou modo de aplicação errôneos, imazapyr causa amarelecimento nas folhas da cana-de-açúcar, sulfentrazone proporciona manchas marrons que evoluem para necrose, amicarbazone tipicamente deixa as pontas das folhas secas (Rodrigues e Almeida, 2018) e indaziflam perfilhos mortos e colmos rachados (Kawamoto et al., 2018). Mas, nenhum desses sintomas foi observado nos tratamentos.

Certamente, a textura argilosa do solo e a dose utilizada de cada herbicida tenham sido responsáveis pela ausência de sintomas visuais de intoxicação. As doses utilizadas foram as recomendadas em bula para solos de textura argilosa (MAPA, 2019). Com isso, os processos de adsorção dos herbicidas aos colóides do solo possam ter sido mais presentes e as dessorções à solução do solo podem ter ocorrido de forma mais lenta. Possivelmente, para a quantidade de moléculas absorvidas da solução do solo, as plantas da cultura tenham conseguido metabolizar de forma mais rápida os herbicidas, minimizando os efeitos negativos ao seu metabolismo.

Como exemplo, não foi observado prejuízos no teor de verde das folhas (índice SPAD) por nenhum tratamento e em todas as avaliações (Tabela 9). Segundo Priori et al. (2003), quando o índice SPAD não é alterado representa que os pigmentos de clorofila refletem a cor verde normalmente, indicador de que a atividade fotossintética na planta não está em prejuízo (Priori et al., 2003). Para Lopes et al. (2009), quanto maior a atividade fotossintética, maior é a possibilidade de aumento na produtividade agrícola.

Aos 82 DAPRE (Tabela 9) o índice SPAD nos programas de manejos químicos variou de 38,29 (P4) a 43,19 (P8), as diferenças entre os tratamentos com e sem

manejos químicos, T_{pds} e testemunha capinada ($T_{capinada}$) não foram significativas no teste de média utilizado. Na ocasião, mesmo a competição das plantas daninhas com a cultura, observada no T_{pds} , foi suficiente para causar alterações na leitura SPAD.

Aos 127 DAPRE, quando as plantas da cultivar estavam influenciadas pelos manejos químicos aplicados em POS-t e manejo mecânico (“operação quebra lombo”), o índice SPAD foi menor para todos os manejos químicos e T_{pds} , quando comparado ao $T_{capinada}$. Contudo, as diferenças constatadas não foram significativas no teste Student 10%.

Jangpromma et al. (2010) e Silva et al. (2012b) correlacionam a diminuição dos índices SPAD em cana-de-açúcar, em determinados períodos de avaliação, com o estresse hídrico. A observação dos autores corrobora o observado no experimento, pois de 82 até 127 DAPRE houve pouca precipitação (Tabela 2) na área (14 mm).

Aos 82 DAPRE a menor média do SPAD foi encontrado no P4 (Tabela 9), tratamento que apresentou PPI com moléculas de sulfentrazone e PRE de diuron + sulfentrazone (Tabela 2), sendo essa menor média possivelmente obtida pela associação do estresse hídrico já presente no solo e pelos efeitos herbicidas causados à planta.

Já aos 127 DAPRE, nota-se que as menores médias foram obtidas pelo P1, P5 e T_{pds} com 34,07; 34,30 e 33,07 (Tabela 9). Nesse caso pode-se observar que a T_{pds} apresentou a menor média, deixando evidente que as interferências nesse período, causadas no SPAD, são provenientes do estresse hídrico instalado, porém a redução do teor de clorofila é principalmente decorrente da matocompetição (Tabela 5).

Soma-se ao estresse hídrico a observação de Ferreira et al. (2010b), Arantes et al. (2013) e Silva et al. (2013b), quando relataram que herbicidas inibidores de Fotossistema II (FSII), ALS e PROTOX reduziram os índices SPAD em cultivares de cana-de-açúcar. No experimento, foi usado inibidor de ALS (imazapyr) aplicado em PPI, PROTOX (sulfentrazone) e FSII (diuron) aplicado em PRE e FSII (tebuthiuron e amicarbazone) em POS-t.

Ao explorar os efeitos negativos dos herbicidas nas plantas da cana-de-açúcar, constatou-se que a razão da fluorescência foi prejudicada, particularmente com o uso do indaziflam no P5 aos 127 DAPRE (Tabela 9). Na ocasião, os valores Fv/Fm nas plantas submetidas aos herbicidas foi de 0,68, o que indica estresse nas plantas.

Tabela 9. Teor de verde (SPAD) e razão da fluorescência da clorofila (Fv/Fm) da cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, influenciados por diferentes manejos químicos aplicados sobre a cultura e pela competição das plantas daninhas não controladas. Instituto Agrônomo/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

Programa	Teor verde (SPAD)		Fluorescência (Fv/Fm)	
	82	127	82	127
P1	41,71 ab	34,07 cd	0,76 a	0,71 bc
P2	42,01 ab	35,63 abcd	0,77 a	0,73 ab
P3	42,32 ab	37,62 a	0,77 a	0,72 bc
P4	38,29 c	37,15 ab	0,77 a	0,71 bc
P5	39,96 bc	34,30 bcd	0,77 a	0,68 c
P6	42,27 ab	37,73 a	0,77 a	0,72 bc
P7	41,50 ab	36,32 abc	0,77 a	0,73 ab
P8	43,19 a	37,35 ab	0,77 a	0,71 ab
T _{capinada}	40,86 ab	38,51 a	0,76 a	0,76 a
F	1,73ns	2,07ns	0,62ns	1,82ns
Student (10%)	2,54	3,07	0,017	0,04
CV (%)	5,10	7,04	1,80	4,32
T _{pds}	41,22 ab	33,07 d	0,76 a	0,71 bc

P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação POS (1050 g ha⁻¹ amicarbazone + 750 g ha⁻¹ tebuthiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); T_{capinada} – testemunha capinada; T_{pds} – testemunha sem capina. * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; ** significativo a 1% - sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação.

Para a fluorescência da clorofila do FSII (Fv/Fm) (Tabela 9), nota-se que aos 82 DAPRE, todos programas de manejo não diferiram estatisticamente da T_{capinada}, sendo os valores encontrados de 0,76 (T_{capinada}, T_{pds} e P1) e 0,77 (P2 ao P8). De acordo com Ribeiro et al. (2004), os valores de Fv/Fm podem variar de 0,75 a 0,85. Dessa forma todos tratamentos não apresentaram estresse e diferenças estatísticas entre si.

A causa da razão Fv/Fm ser diminuída aos 127 DAPRE (Tabela 9) nos tratamentos P2 a P4 e P6 a P8 é consequência apenas das aplicações em POS-t, pois observa-se que a relação Fv/Fm , de 82 para 127 DAPRE, na T_{capinada} não sofreu redução. Contudo, no P1 e P5, além das ações dos herbicidas há as interferências causadas pela matocompetição, principalmente da *M. aterrima* (Tabela 5), pois observa-se redução na razão Fv/Fm da T_{pds}, tratamento que a cultura conviveu com

as plantas daninhas e não houve aplicação de herbicidas. Nesse período, os tratamentos não diferiram estatisticamente.

O estresse hídrico (Silva et al., 2012b) e a aplicação de herbicidas (Arantes et al., 2013) colaboram com o declínio em Fv/Fm . Portanto, os valores obtidos ainda soma-se a interferência das plantas daninhas que não foram controladas pelos manejos químicos.

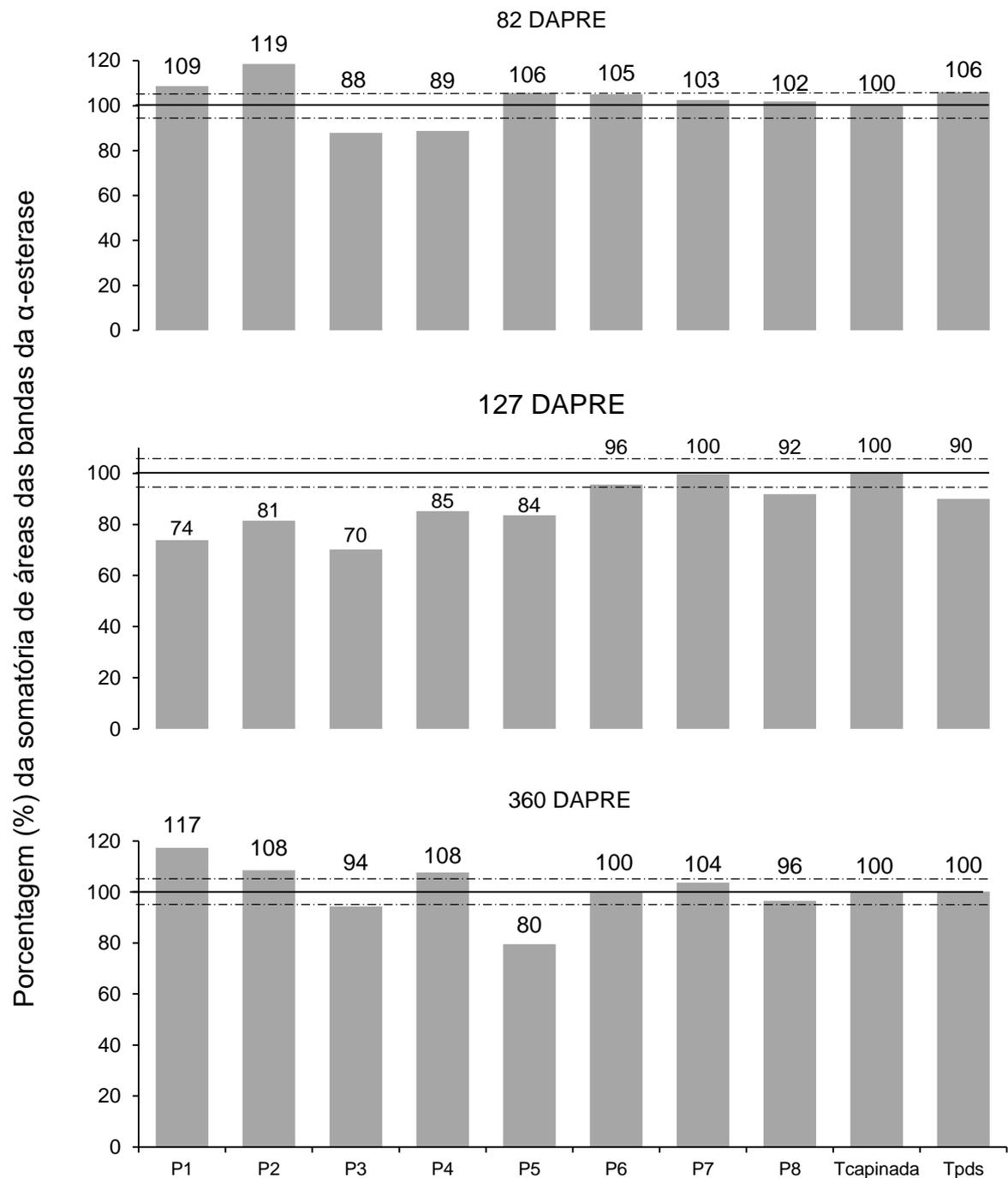
5.2.2. Perfil da isoenzima α -esterase

Ainda no metabolismo das plantas, o perfil da isoenzima α -esterase também foi alterado, particularmente aos 127 DAPRE nos tratamentos P1 ao P5 que apresentaram-se inferiores ao padrão da $T_{capinada}$ (Figura 1).

A α -esterase é uma das isoenzimas relacionadas ao alívio do estresse oxidativo e é fundamental para manter ou diminuir os níveis de radicais O_2 e H_2O_2 . Com isso, a formação do radical OH, que é tóxico às células das plantas por degradar lipídeos, é diminuída (Mittler, 2002). Lopes et al. (2003) também comentaram que a α -esterase proporciona elevado nível de polimorfismo, em resposta as interferências dos fatores abióticos, constituindo uma ferramenta importante para medir o estresse oxidativo nas células.

Aos 82 DAPRE, apenas os tratamentos P6, P7 e P8 estão dentro da faixa aceitável de variação do padrão referência da $T_{capinada}$, (Figura 1). Mesmo que as plantas não tenham apresentado sintomas visuais e nenhuma diferença no teor de verde e razão da fluorescência (exceto no P5, menor valor) os tratamentos P1 ao P5, apresentaram-se estressadas, ao considerar o perfil da α -esterase, inclusive para T_{pds} .

Particularmente, aos 127 DAP a alteração do perfil isoenzimático da α -esterase (Figura 1) ocorreu para todos os programas de manejo, quando comparados a $T_{capinada}$ (exceção do P7). Possivelmente as causas seja a poucas chuvas ocorridas no período e a aplicação dos herbicidas amicarbazone+tebuthiuron em POS-t na operação de quebra-lombo e a interferência ocasionada pelas plantas daninhas (T_{pds}).



P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação POS-t (1050 g ha⁻¹ amicarbazone + 750 g ha⁻¹ tebuthiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); Tcapsinada – testemunha capinada.. linhas tracejadas referem-se ao limite de 5%.

Figura 1. Gráfico da porcentagem (%) de somatória das bandas da α -esterase (pixel/cm²) aos 82, 127 e 360 DAPRE. Instituto Agronômico/Centro de Cana, Brasil, 2019.

Beluci et al. (2015) verificaram que moléculas de herbicidas inibidoras de ALS, FSII e PROTOX, aplicadas em PPI (20 e 40 dias antes do plantio), também alteraram o perfil da α -esterase. Os dados dos autores corroboram as avaliações aos 127 DAPRE (Figura 1) porque as diferenciações observadas também foram com o uso de herbicidas inibidores de FSII, a exemplo do amicarbazone e tebuthiuron utilizados no experimento.

Aos 360 DAPRE, apenas os tratamentos que receberam PRE de diuron+sulfentrazone (P1 ao P5), particularmente no P1 e P5 que evidenciaram estresse (Figura 1), ressaltando o potencial de fitointoxicação dos produtos.

5.2.3. Altura, estande e produtividade

Além do metabolismo, as variáveis como altura, estande e produtividade, que avaliam o desenvolvimento da cultura, também foram monitoradas. As interferências causadas pela *M. aterrima* e demais daninhas sobre a cana-de-açúcar, afetaram o desenvolvimento da altura da cultura aos 127 DAPRE (Tabela 10), nos programas de manejo químico nos quais as plantas daninhas não tiveram controle suficientes (P1 e P5), apresentaram alturas de 20,25 e 18,68 cm, respectivamente. Isso deve-se principalmente a agressividade da mucuna-preta e sua rápida cobertura vegetal gerando sombreamento na cultura. A T_{pds} apresentou altura da cultivar de 19,25 cm. Por possuir hábito trepador, a mucuna-preta, assim como as cordas-de-viola acabaram enrolando-se aos colmos da cana-de-açúcar, suprimindo o estágio inicial de desenvolvimento das culturas (Oliveira et al., 2010; Azania et al., 2009; Silva et al., 2012b).

Aos 240 e 300 DAPRE, não houve diferença estatística significativa entre as testemunhas e os programas de manejo químico, evidenciando que as plantas de cana-de-açúcar, que não foram quebradas pelo enlaçamento das cordas-de-viola e da mucuna-preta, buscaram vencer a barreira física em busca de luminosidade.

Tabela 10. Altura (cm), estande (colmos m⁻¹) e produtividade (t ha⁻¹) da cana-de-açúcar, cultivar IACSP95-5000, influenciados por diferentes manejos químicos aplicados sobre a cultura e pela competição das plantas daninhas não controladas. Instituto Agrônomo/Centro Avançado de Pesquisa de Cana, Ribeirão Preto, SP, 2019.

Programa	Altura (cm)				Estande (colmos m ⁻¹)				Produtividade (t ha ⁻¹)
	127	240	300	360	127	240	300	360	360
P1	24,70 bc	77,12 b	186,35 abc	182,52 c	9,00 bc	6,75 d	8,00 c	7,50 c	51,40 c
P2	27,10 a	88,90 ab	185,50 abc	231,95 ab	11,00 a	9,00 bc	11,00 b	10,50 b	113,03 b
P3	25,63 abc	85,75 ab	188,12 abc	226,37 ab	10,00 ab	9,25 bc	12,00 ab	12,00 ab	112,66 b
P4	24,83 bc	89,05 ab	196,30 a	217,57 b	11,25 a	11,00 a	12,00 ab	11,75 ab	118,81 ab
P5	21,35 d	71,97 b	176,52 c	171,82 c	7,75 c	6,50 d	6,50 d	6,25 c	38,32 c
P6	26,85 ab	85,37 a	186,45 abc	226,07 ab	10,25 ab	8,25 c	11,00 b	11,75 ab	116,15 ab
P7	25,10 abc	99,10 ab	180,77 bc	216,75 b	11,00 a	10,75 a	12,00 ab	13,00 a	121,40 ab
P8	23,98 c	86,65 ab	187,50 abc	217,40 b	10,75 a	10,25 ab	12,25 a	12,75 a	115,57 ab
T _{capinada}	25,07 abc	98,75 a	190,55 ab	240,32 a	11,50 a	9,25 bc	11,00 b	13,50 a	135,40 a
F	2,95*	1,34ns	1,03ns	14,22**	4,44**	9,84**	21,85**	10,11**	17,10**
Student (10%)	2,24	19,66	12,96	15,60	1,55	1,31	1,15	2,06	21,57
CV (%)	7,43	19,08	5,78	6,16	12,77	12,44	9,26	16,20	18,57
T _{pds}	25,40 abc	72,80 b	181,96 bc	173,93 c	8,00 c	6,50 d	7,00 b	6,75 c	41,58 c

P1- PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P2 -PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P3 - PPI (1400 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P4 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (1750 g ha⁻¹ diuron + 875 g ha⁻¹ sulfentrazone); P5 - PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P6 - PPI (532,6 g ha⁻¹ imazapyr) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P7 - PPI (1050 g ha⁻¹ amicarbazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); P8 - PPI (900 g ha⁻¹ sulfentrazone) + PRE (100 g ha⁻¹ indaziflam); todos programas receberam aplicação POS-t (1050 g ha⁻¹ amicarbazone + 750 g ha⁻¹ tebutiuron + 1209 g ha⁻¹ 2,4-D); Tcapinada – testemunha capinada; Tpds – testemunha sem capina. * significativo a 5%; --sem desdobramento estatístico; ** significativo a 1% - sem desdobramento estatístico; CV: coeficiente de variação.

Aos 360 DAPRE (Tabela 10) houve diferença estatística significativa entre as T_{capinada} e os programas de manejo químico. A T_{capinada} apresentou maior altura (240,32 cm), enquanto as menores foram: P1 (182,52 cm) > T_{pds} (173,93 cm) > P5 (171,82 cm). Comparados a T_{capinada} apresentaram reduções, respectivamente, de 24,05; 27,63 e 28,50%.

Os tratamentos compostos por PPI + PRE + POS-t (P2, P3, P4, P6, P7 e P8), apresentaram menores reduções na altura das plantas de cana-de-açúcar, quando comparadas ao P1, T_{pds} e P5. Contudo, pôde-se observar que os programas que receberam aplicação em PRE do diuron+sulfentrazone reduziram menos a altura das plantas da cultura quando comparado aos que receberam aplicação em PRE de indaziflam. Ou seja, os que tiveram aplicação em PRE de diuron+sulfentrazone apresentam os seguintes valores de altura: P2 (231,95 cm) > P3 (226,37 cm) > P4 (217,57 cm), reduções de 3,48; 5,80 e 9,47% comparadas a T_{capinada} ; enquanto os que apresentaram aplicação em PRE indaziflam de obtiveram: P6 (226,07 cm) > P8 (217,40 cm) > P6 (216,75 cm), ou seja, reduções de 5,93; 9,54 e 9,81% comparadas a T_{capinada} .

Ressalta-se que a competição por luz provavelmente diminui o fluxo de fotossintatos para as raízes, afetando seu crescimento, e sendo a cana-de-açúcar uma planta com metabolismos C4, altamente exigentes pelo recurso luz, o processo de fotossíntese é prejudicado (Azania et al., 2009).

Para o estande (colmos m^{-1}) de cana-de-açúcar (Tabela 10), nota-se que aos 127 DAPRE houve diferença significativa entre os programas de manejo químico, e as testemunhas. A maior quantidade de colmos m^{-1} foi encontrada na T_{capinada} , com 11,50 colmos m^{-1} , e os menores foram em P5 (7,75 colmos m^{-1}), T_{pds} (8,00 colmos m^{-1}) e P1 (9,00 colmos m^{-1}), mais uma vez refletindo a interferência resultante da alta infestação de *M. aterrima*, que foi a espécie de maior infestação encontrada.

Aos 240 DAPRE (Tabela 10) também se observou diferença estatística entre os programas de manejo químico e as testemunhas. As menores quantidades de colmos m^{-1} foram encontradas novamente no tratamento P5 (6,50 colmos m^{-1}), T_{pds} (6,50 colmos m^{-1}) e P1 (6,75 colmos m^{-1}), que novamente não diferiram entre si estatisticamente, mas diferiram dos demais programas e da T_{capinada} , que apresentaram número de colmos m^{-1} superiores a 9,25.

Aos 300 DAPRE (Tabela 10) ainda se observou diferença estatística entre os programas de manejo químico e as testemunhas. As menores quantidades de colmos

m^{-1} foram encontradas no P5 (6,50 colmos m^{-1}), T_{pds} (7,00 colmos m^{-1}) e P1 (8,00 colmos m^{-1}), que não diferiram entre si estatisticamente, porém estes diferiram com os demais programas e $T_{capinada}$, que apresentaram número de colmos m^{-1} superiores a 11,00.

Aos 360 DAPRE (Tabela 10) notou-se que a diferença estatística entre os programas de manejo químico e as testemunhas ainda eram presentes. A $T_{capinada}$ apresentou maior número de colmos m^{-1} (13,50 colmos m^{-1}), enquanto as menores quantidades de colmos m^{-1} mantiveram-se desde a primeira avaliação, aos 127 DAPRE, até a última, aos 360 DAPRE no P1 (7,50 colmos m^{-1}) > T_{pds} (6,75 colmos m^{-1}) > P5 (6,25 colmos m^{-1}). Comparados a $T_{capinada}$ essas reduções foram de 44,44; 50,00 e 53,70%, respectivamente.

Os tratamentos compostos por PPI + PRE + POS-t (P2, P3, P4, P6, P7 e P8), apresentaram menores reduções no número de colmos m^{-1} do que os do P1, P5 e da T_{pds} . Contudo, pôde-se observar que os programas que receberam aplicação em PRE de diuron+sulfentrazone diminuíram em maior quantidade o número de colmos m^{-1} quando comparado aos que receberam aplicação em PRE do indaziflam. Ou seja, os que tiveram aplicação em PRE de diuron+sulfentrazone apresentam os seguintes valores de estande: P3 (12,00 colmos m^{-1}) > P4 (11,75 colmos m^{-1}) > P2 (10,50 colmos m^{-1}), reduções de 11,11; 12,96 e 22,22%; enquanto os que apresentaram aplicação em PRE de indaziflam obtiveram: P7 (13,00 colmos m^{-1}) > P8 (12,75 colmos m^{-1}) > P6 (11,75 colmos m^{-1}), ou seja, reduções de 3,70; 5,56 e 12,96%.

Aos 360 DAPRE foi realizada a avaliação de produtividade (Tabela 10). Quando comparadas a $T_{capinada}$, os programas compostos de PPI + PRE + POS-t (P2, P3, P4, P6, P7 e P8) apresentaram diferença estatística significativa, apresentando produtividades intermediárias e superiores a 112,6 t ha^{-1} . A $T_{capinada}$ produziu 135,40 t ha^{-1} , enquanto os programas com aplicação em PRE de diuron+sulfentrazone produziram: 118,81 t ha^{-1} (P4) > 113,03 t ha^{-1} (P1) > 112,66 t ha^{-1} (P3), respectivamente reduções de 12,23; 16,52 e 16,79%, enquanto os programas com aplicação em PRE de indaziflam: 121,40 t ha^{-1} (P7) > 116,15 t ha^{-1} (P6) > 115,57 t ha^{-1} (P8), resultando em perdas de produtividade nas proporções de: 10,33; 14,21 e 14,64%.

Os programas compostos por PRE + POS-t (P1 e P5) em que não houve controle eficiente principalmente da mucuna-preta, apresentaram produtividades de 51,40 t ha^{-1} , 38,32 t ha^{-1} respectivamente e a T_{pds} 41,58 t ha^{-1} , ou seja, redução de

62,03; 71,69 e 69,29%, respectivamente comparados a T_{capinada}. Os dados obtidos corroboram os encontrados por Bressanin et al. (2016), que verificaram que entre 50 a 188 dias após emergência de *M. aterrima* em convivência com a cultivar de cana-de-açúcar RB 855536, sem controle, ocasionou mais de 50% de queda de produtividade, na qualidade da matéria-prima e nos parâmetros de qualidade.

6. CONCLUSÕES

Os programas de manejo proporcionaram aos 360 dias após o plantio da cv. IAC95-5000 controle excelentes para *M. aterrima* (81,94 a 99,86%), *R. communis* (99,5 a 100%), *M. aegyptia* (96,67 a 100%), *I. hederifolia* (100%) e *I. quamoclit* (99,17 a 100%), exceto no P1 e P5 que foram ineficientes para *M. aterrima* (0%). A infestação de *M. aterrima* nos P1 e P5 proporcionaram respectivamente, redução da altura (24,05 e 28,50%), estande (44,44 e 53,70%) e da produtividade da cultura (62,03 e 71,69%), além de estresse oxidativo mensurado pela α -esterase. Os demais programas apresentaram ausência de plantas daninhas, mas P2 reduziu o estande (16,52%) e a produtividade (16,52%) e P3 apenas a produtividade (16,79%).

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfenas AC, Brune W, Oliveira JR, Alonso SK, Scortichini S (2006) Extração de proteínas para eletroforese. In: ALFENAS, A.C. (Eds.). **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas e microrganismos**. Viçosa:Editora UFV, p. 85-114.

Almeida FS (1992) Herbicidas residuais em diferentes sistemas de preparo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 27:596-601.

Amim RT, Freitas SP, Freitas ILJ, Gravina GA, Paes HMF (2014) Controle de plantas daninhas pelo indaziflam em solos com diferentes características físico-químicas. **Planta Daninha** 32:791-800.

Apel K, Hirt H (2004) Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. **Annual Review of Plant Biology** 55:373-399.

Arantes MT, Rhein AFL, Pincelli RP, Silva MA (2013) Respostas fisiológicas de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas seletivos. **Bioscience Journal** 29:1206-1214.

Arévalo RA, Bertoncini EI, Casagrande AA, Peressin VA (1998) **Eficiência dos herbicidas para o manejo das principais espécies de plantas daninhas da cana-de-açúcar**. Campinas:IAC, p. 12-18 (Documentos, 63).

Azania AAPM, Azania CAM, Gravena R, Pavani MCMD, Pitelli RA (2002) Interferência da palha de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) na emergência de espécies de plantas daninhas da família *Convolvulaceae*. **Planta Daninha** 20: 207-212.

Azania CAM (2004) **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar**. 116 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Unesp, Jaboticabal.

Azania CAM, Azania AAPM (2014) Seletividade de herbicidas. In Monquero PA (Eds.) **Aspectos da biologia e manejo das plantas daninhas**. São Carlos: RIMA, p. 217-232.

Azania CAM, Azania AAPM, Pizzo IV, Schiavetto AR, Zera FS, Marcari MA, Santos JL (2009) Manejo químico de convolvulaceae e euphorbiaceae em cana-de-açúcar em período de estiagem. **Planta Daninha** 27:841-848.

Azania CAM, Casagrande AA, Rolim JC (2001) Seletividade de imazapic às soqueiras de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp). **Planta Daninha** 19:345-350.

Azania CAM, Filho CPF, Galon L, Vidal RA, Procópio S (2011) Fundamentos do manejo químico de plantas daninhas na cultura de cana-de-açúcar. In: Vidal, R.A (Eds.) **Teoria e prática do manejo de infestantes na cultura da cana-de-açúcar no Brasil**. Porto Alegre: Evangrafic, p. 61-97.

Azania CAM, Rolim JC, Azania AAPM (2008) Plantas daninhas. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell MGA (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 465-490.

Baker NR (2008) Chlorophyll fluorescence: a probe of photosynthesis in vivo. **Annual Review of Plant Biology** 59:89-113.

Bastos A, Teodoro J, Teixeira M, Silva E, Costa D, Bernardino M (2017) Efeitos da adubação nitrogenada e potássica no crescimento da cultura da cana-de-açúcar segunda soca. **Revista de Ciências Agrárias** 40:554-566.

Beligni MV, Lamattina L (1999) Is nitric oxide toxic or protective? **Trends in Plant Science** 4:299-300.

Beluci LR, Azania CAM, Vitorino R, Garcia JC, Boneti JEB (2013) Resposta de mucuna preta (*Mucuna aterrima*) aos herbicidas amicarbazone e imazapyr. In VII Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo (IAC), p.1-8., 2013.

Beluci LR, Vitorino R, Azania CAM, Azania APAM, Tortorelli HF (2015) Utilização do perfil isoenzimático como ferramenta na avaliação da seletividade de herbicidas em cana-de-açúcar. **Nucleus** 12:157-166.

Blanco HG, Blanco FMG (1991) Efeitos do manejo do solo na emergência de plantas daninhas anuais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 26:215-220.

Blokhina O, Virolainen E, Fagerstedt KV (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. **Annals of Botany** 91:179-194.

Bressanin FN, Giancotti PRF, Neto NJ, Amaral CL, Alves PLCA (2015) Eficácia de herbicidas aplicados isolados em pré e pós-emergência no controle de mucuna-preta. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 10:426-431.

Bressanin FN, Neto NJ, Nepomuceno MP, Alves PLCA, Carrega WC (2016) Interference periods of velvet bean in sugarcane. **Ciência Rural** 46:1329-1336.

Brosnan JT, Breeden GK, McCullough PE; Henry GM (2012) PRE and POST control of annual bluegrass (*Poa annua*) with indaziflam. **Weed Technol.** 26:48-53.

Brosnan JT, McCullough PE, Breeden GK (2011) Smooth crabgrass control with indaziflam at various spring timings. **Weed Technology** 25:363-366.

Cacciatore LC, Guerrero NV, Cochón AC (2013) Cholinesterase and carboxylesterase inhibition in *Planorbium corneus* exposed to binary mixtures of azinphos-methyl and chlorpyrifos. **Aquatic Toxicology** 128-129:124–134.

Campos LHF, Carvalho SJP, Nicolai M, Christoffoleti PJ (2016) Susceptibility of *Merremia cissoides*, *Neonotonia wightii* and *Stizolobium aterrimum* to the amicarbazone, imazapic and sulfentrazone herbicides. **Revista Brasileira de Herbicidas** 15:129-137.

Cardozo NP; Parreira MC; Alves PLCA, Bianco S (2009) Área foliar de duas trepadeiras infestantes de cana-de-açúcar utilizando dimensões lineares de folhas. **Planta Daninha** 27:683-687.

Carvalho JC (2004) Mecanismo de ação dos herbicidas e sua relação com a resistência a herbicidas. In: Christoffoleti PJ, López-Ovejero RF, Carvalho JC (Eds.) **Aspectos de resistências de plantas daninhas a herbicidas**. Campinas:Associação Brasileira de Ação a Resistência de Plantas aos Herbicidas, p. 22-44.

Carvalho MN, Nakagawa J (2000) **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 152 p.

Carvalho SJP, Lombardi BP, Nicolai M, López-Ovejero RF, Christoffoleti PJ, Medeiros D (2005) Curvas de dose-resposta para avaliação do controle de fluxos de emergência de plantas daninhas pelo herbicida imazapic. **Planta Daninha** 23:535-542.

Cataneo AC, Carvalho JC (2008) Desintoxicação de herbicidas pelas plantas: transformação química e compartimentalização vacuolar. In: Vargas L, Roman ES (Ed.) **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo fundo:Embrapa Trigo, 78 p.

Cavalcanti FR, Oliveira JTA, Martins-Miranda AS, Viegas RA, Silveira JAG (2004) Superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities do not confer protection against oxidative damage in salt-stressed cowpea plants. **News Phytologist** 163:563-571.

Chandru HK, Kim E, Kuk Y, Cho K, Han O (2003) Kinetics of wound-induced activation of antioxidative enzymes in *Oryza sativa*: differential activation at different growth stages. **Plant Science** 164:935-941.

Christoffoleti PJ, Carvalho SJP, López-Ovejero RF, Nicolai M, Hidalgo E, Silva JE (2005) Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, 26:383-389.

Christoffoleti PJ, Carvalho SJP, López-Ovejero RF, Nicolai M, Hidalgo E, Silva JE (2007) Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection** 26:383-389.

Christoffoleti PJ, López-Ovejero RF, Damin V, Carvalho SJP, Nicolai M (2009) **Comportamento dos herbicidas aplicados ao solo na cultura da cana-de-açúcar**. Piracicaba:CP 2, 72p.

Christoffoleti PJ, Victoria Filho R (1996) Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha** 14:42-47.

Cobucci T, Rabelo RR, Da Silva W (2001) **Manejo de plantas daninhas na cultura do arroz de terras altas na região dos cerrados**. Santo Antônio de Goiás:Embrapa Arroz e Feijão, 60 p. (Circular Técnica, 42).

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2018) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 5, safra 2018/19, n. 4, quarto levantamento 2018, p. 1-75. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 15 mai 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento (2019) **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 6, safra 2019/20, n. 1, primeiro levantamento 2019, p. 1-58. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>>. Acesso em: 15 mai 2019.

Correia NM (2011) Eficácia do mesotrione aplicado isolado e em mistura para o controle de corda-de-violão e de mucuna preta em cana-soca. **Álcoolbras** 133:46-51.

Correia NM, Camilo EH, Santos EA (2013) Sulfentrazone efficiency on *Ipomoea hederifolia* and *Ipomoea quamoclit* as influenced by rain and sugarcane straw. **Planta Daninha** 31:165-174.

Correia NM, Durigan JC (2004) Emergência de plantas daninhas em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 22:11-17.

Correia NM, Kronka Junior B (2010) Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. **Planta daninha** 28:1143-1152.

Correia NM, Rezende PM (2002) **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: UFLA, 55 p. (Boletim Agropecuário, 51).

Correia NM, Zeitoum V (2010) Controle químico de melão-de-são-caetano em área de cana-soca. **Bragantia** 69:329-337.

Correia NMI, Braz BA, Fuzita WE (2010) Eficácia de herbicidas aplicados nas épocas seca e úmida para o controle de *Merremia aegyptia* na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 28: 631-642.

Cyrne L, Martins L, Fernandes L, Marinho HS (2003) Regulation of antioxidant enzymes gene expression in the yeast *Saccharomyces cerevisiae* during stationary phase. **Free Radical Biology & Medicine** 34:385-393.

Daniels J, Smith P, Paton N, Williams CA (1975) The origin of the genus *Saccharum*. **Sugarcane Breeding News** 36:24–39.

Dat J, Vandenabeele S, Vranová E, Van Montagu M, Inzé D, Van Breusegem F (2000) Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. **Cellular and Molecular Life Science** 57:779-795.

Deuss A (2012) The Economic growth impacts of sugarcane expansion in Brazil: an inter-regional analysis. **Journal of Agricultural Economics** 63:528–551.

Dias JLCS, Silva Junior AC, Queiroz JRG, Martins D (2017) Herbicides selectivity in pre-budded seedlings of sugarcane. **Arquivos do Instituto Biológico** 84:1-9.

Doudican NA, Song B, Shadel GS, Doetsch PW (2005) Oxidative DNA damage causes mitochondrial genomic instability in *Saccharomyces cerevisiae*. **Molecular and Cellular Biology** 25:5196-5204.

Elstern EF (1991) Mechanisms of oxygen activation in different compartments of plant cells. In: Pelland EJ, Steffen KL (Eds) **Active oxygen/oxidative stress in plant metabolism**. Rockville:Am. Soc. Plant Physiol, p.13-25.

Favero C, Jucksch I, Alvarenga RC, Costa LM (2001) Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 36:1355-1362.

Ferreira EA, Procopio SOI, Galon L, França AC, Concenço G, Silva AA, Aspiazu I, Silva AF, Tironi SP, Rocha PRR (2010a) Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta Daninha** 28: 915-925.

Ferreira RR, Oliveira FTR, Delite FS, AZevedo RA, Nicolai M, Carvalho SJP, Christoffoleti PJ, Figueira AVO (2010b) Tolerância diferencial de variedades de cana-de-açúcar a estresse por herbicidas. **Bragantia** 69:395-404.

Ferreira RV, Contato ED, Kuva MA, Ferraudo AS, Alves PLCA, Magario FB, Salgado TP (2011) Organização das comunidades infestantes de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar em agrupamentos-padrão. **Planta Daninha** 29:363-371.

Ferreira UCQ, Queiroz WN, Beltão NEM (2009) Fitotoxicidade e seletividade do herbicida trifloxysulfuron sodium na mamona cultivar BRS Nordestina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** 13:916-921.

Figueiredo P (2008) Breve histórico da cana-de-açúcar e do papel do Instituto Agrônomo no seu estabelecimento no Brasil. In: Dinardo-Miranda LL, Vasconcelos ACM, Landell MGA (Eds.) **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 31-43.

Firmino LE, Tuffi SANTOS LD, Ferreira LR, Ferreira FA, Quirino ALS (2008) Movimento do herbicida imazapyr no perfil de solos tropicais. **Planta Daninha** 26:223-230.

Flowers TJ, Koyama ML, Flowers SA, Sudhakar C, Singh KP, Yeo AR (2000) QTL: their place in engineering tolerance of rice to salinity. **Journal of Experimental Botany** 51:99-106.

Foloni JSS, Hirata ACS, Pereira DN, Carvalho MLM, Casavechia D (2011) Chemical pre-harvest desiccation in castor bean. **Revista Ceres** 58:665-669.

Foyer CH, Lopez Delgado H, Dat JF, Scott IM (1997) Hydrogen peroxide and glutathione-associated mechanisms of acclamatory stress tolerance and signaling. **Physiologia Plantarum** 100:241-254.

Franconere R (2010) **Mercado de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar**. 54 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Escola de Economia de São Paulo, São Paulo.

Gazziero DLP (1990) Controle de plantas daninhas: aspectos ecológicos e tecnológicos. In:PRIMERAS JORNADAS BIACIONALES DE CERO LABRANZA. **Anais...** Concepción:Sociedad de Conservación de Suelos de Chile, p.132-150.

Geoffroy L, Teisseire H, Couderchet M, Vernet G (2002) Effect of oxyfluorfen and diuron alone and in mixture on antioxidative enzymes of *Scenedesmos obliquus*. **Pesticide Biochemistry Physiology** 72:178-185.

Gianelli VR, Bedmar F, Costa JL (2014) Persistence and sorption of imazapyr in three argentinean soils. **Environ Toxicol Chem** 33:29–34
Gille G, Sigler K (1995) Oxidative stress and living cells. **Folia Microbiology** 40:131-152.

Gottlieb LD (1982) Conservation and duplications of isozymes in plants. **Science** 216:73-380.

Guerra N, Oliveira Júnior RS, Constantin J, Oliveira Neto AM, Braz GBP (2013) Aminocyclopyrachlor and indaziflam: selectivity, control and fate in the environment. **Revista Brasileira de Herbicidas**, 12:285-295.

Guerra N, Oliveira Júnior RS, Constantin J, Oliveira Neto AM, Puton G, Garrido THP (2015) Influence of precipitation and sugarcane straw in aminocyclopyrachlor and indaziflam control efficiency. **Planta Daninha** 33:535-542.

Halliwell B, Gutteridge JMC (1984) Oxygen toxicity, oxygen radicals, transition metals, and disease. **Biochemistry Journal** 219:1-14.

Halliwell B, Gutteridge JMC (1989) **Free radicals in biology and medicine**. Oxford:Oxford University Press, 543 p.

Henzler T, Steudle E (2000) Transport and metabolic degradation of hydrogen peroxide in *Chara corallina*: model calculations and measurements with the pressure probe suggest transport of H₂O₂ across water channels. **Journal of Experimental Botany** 51:2053-2066.

Hernández JA, Ferrer MA, Jiménez A, Barceló AR, Sevilla F (2001) Antioxidant systems and O₂⁻/H₂O₂ production in the apoplast of pea leaves. Its relation with salt-induced necrotic lesions in minor veins. **Plant Physiology** 127:827-831.

Hijano N (2016) **Interferência de capim-camalote em cana-de-açúcar e seletividade de indaziflam e indaziflam+ metribuzin aplicados em cana-de-açúcar no sistema MPB**. 112f. Dissertação (Mestrado em Pdocução Vegetal) - Unesp, Jaboticabal.

Imai H, Nakagawa Y (2003) Biological significance of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx, GPx4) in mammalian cells. **Free Radic Biol Med.** 34:145-169.

Jangpromma N, Songsri P, Thammastirak S, Jaisil P (2010) Rapid assessment of chlorophyll content in sugarcane using a SPAD chlorophyll meter across different water stress conditions. **Asian Journal of Plant Sciences** 9:368-374.

Kawamoto EK, Leite SMM, Souza LS (2018) Avaliação da seletividade do indaziflam em mudas pré brotadas de cana-de-açúcar. **Revista Unimar Ciências** 27:1-12.

Kissmann KG, Groth D (1999) **Plantas infestantes e nocivas**. São Paulo: BASF, Tomo II, 978 p.

Krause H, Weis W (1991) Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 42:313-349.

Kuva MA, Ferraudo AS, Pitelli RA, Alves PLCA, Salgado TP (2008) Padrões de infestação de comunidades de plantas daninhas no agroecossistema de cana-crua. **Planta Daninha** 26:549-557.

Kuva MA, Gravena R, Pitelli RA, Christoffoleti PJ, Alves PLCA (2003) Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. III – capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*) e capim-colonião (*Panicum maximum*). **Planta Daninha** 21:37-44.

Kuva MA, Pitelli RA, Salgado TP (2007) Fitossociologia de comunidades de plantas daninhas em agroecossistema cana-crua. **Planta Daninha** 25:501 – 511.

Labonia VDS, Carvalho SJP, Mondo VHV, Chiovato MG, Victoria Filho R (2009) Emergência de plantas da família *Convolvulaceae* influenciada pela profundidade da semente no solo e cobertura com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 27:921-929.

Lago AA, Zink E, Razera LF, Banzatto NV, Savy Filho A (1979) Dormência em sementes de três cultivares de mamona. **Bragantia** 38:XLII-XLIV.

Li X, Baskin JM, Baskin CC (1999) Anatomy of two mechanisms of breaking physical dormancy by experimental treatments in seeds of two North American *Rhus* species (Anacardiaceae). **American Journal of Botany** 86:1505-1511.

Lima MGS, Mendes CR, Moraes DM, Lopes NF, Rodrigues MAV (2007) Caracterização da qualidade fisiológica de sementes de mamona cultivar Guarani. **Revista Brasileira de Biociências** 5:675-677.

Lopes JP, Machado EC, Deuber R, Machado RS (2009) Análise de crescimento e trocas gasosas na cultura de milho em plantio direto e convencional. **Bragantia** 68:839-848.

Lopes RC, Casali VWD, Barbosa LCA, Cecon PR (2003) Caracterização isoenzimática de oito acessos de erva-de-bicho. **Horticultura Brasileira** 21:433-437.

Malan C, Gregling MM, Gressel J (1990) Correlation between Cu Zn superoxide dismutase and glutathione reductase and environmental and xenobiotic stress tolerance in maize inbreds. **Plant Science** 69:157-166.

Mannervik B, Danielson UH (1988) Glutathione transferases: structure and catalytic activity. **CRC Crit. Ver. Biochem.** 23:283-337.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019) **Agrofit - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Brasília. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 13 mar 2019.

Marcos-Filho J (2005) **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 495p.

Martins D, Velini ED, Martins CC, De Souza LS (1999) Emergência em campo de dicotiledôneas infestantes em solo coberto com palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 17:151-161.

McDowell RW, Condrón LM, Main BE, Dastgheib F (1997) Dissipation of imazapyr, flumetsulam and thifensulfuron in soil. **Weed Reserch** 37:381-389.

MILENIA (2014) **Premerlin 600 EC: Uso de premerlin em cana-planta**. Londrina:Adama Brasil, 22 p.

Mittler R (2002) Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends in Plant Science** 7:405-410.

Moller IM (2001) Plant mitochondrial and oxidative stress: electron transport, NADPH turnover, and metabolismo f reactive oxygen species. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology** 52:561- 591.

Moller IM, Jensen PE, hansson A (2007) Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology** 58:459-481.

Monquero PA, Amaral LR, Binha DP, Silva PV, Silva AC, Martins FRA (2008) Mapas de infestação de plantas daninhas em diferentes sistemas de colheita da cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 26:47-55.

Monquero PA, Amaral LR, Silva AC, Silva PV, Binha DP (2007) Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de *Euphorbia heterophylla*. **Planta Daninha** 25:613-619.

Monquero PA, Binha DP, Inácio EM, Silva PV, Amaral LR (2011b) Seletividade de herbicidas em variedades de cana-de-açúcar. **Bragantia** 70:286-293.

Monquero PA, Dalla Costa V, Krowosloski V (2011a) Saflufenacil no controle de *Luffa aegyptiaca*, *Merremia cissoides*, *Mucuna aterrima* e *Ricinus communis*. **Revista Brasileira de Herbicida** 10:176-182.

Monteiro AO (1988) Rotação de culturas na lavoura canavieira. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA 4. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, p.67-95.

Oliveira FL, Gosch CIL, Gosh MS, Massad MD (2010) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição de leguminosas utilizadas para adubação verde. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias** 5:503-508.

Mueller-Dombois, D., Elleberg, H (1974) **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley e Sons, 547 p.

Mukherjee SK (1957) Origin and distribution of *Saccharum*. **Botanical Gazette** 119:55-61.

Mutton MA, Mutton MJR (2015) Fisiologia da maturação e maturadores em cana-de-açúcar. In: Silva FC, Alves BJR, Freitas PL (Eds.) **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. Brasília: Embrapa, p. 222-287.

Nakagawa J, Cavariani C (2005) Efeito do tamanho na germinação de sementes de mucuna-preta. **Científica** 33:213-217.

Neill SJ, Desikan R, Clarke A, Hurst RD, Hancock JT (2002) Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. **Journal of Experimental Botany** 53:1237-1247.

Olivares AR, Carrillo-González R, González-Chávez MCA, Hernández RMS (2013) Potential of castor bean (*Ricinus communis* L.) for phytoremediation of mine tailings and oil production. **Journal of Environmental Management** 114:316-323.

Oliveira Junior RS (2011) Mecanismo de ação de herbicidas. In: Oliveira Junior RS, Constantin J, Inoue MH (Eds.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba:Ominipax, p. 141-192.

Oliveira Junior RS, Inoue MH (2011) Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas. Oliveira Junior RS, Constantin J, Inoue MH (Eds.) **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba:Ominipax, p. 243-262.

Oliveira VB, Azania CAM, Siqueira ME, Souza MAS, Chaves ARCS, Boneti JEB (2018) Amicarbazone e sulfentrazone utilizados no controle inicial de sementes de mucuna-preta e mamona localizadas em diferentes profundidades do solo. **STAB** 36:28-31.

Op Den Camp R. G. et al (2003) Rapid induction of distinct stress responses after the release of singlet oxygen in *Arabidopsis*. **Plant Cell** 15:2320-2332.

Orzari I, Monquero PA, Reis FC, Sabbag RS, Hirata ACS (2013) Germinação de espécies da família Convolvulaceae sob diferentes condições de luz, temperatura e profundidade de semeadura. **Planta Daninha** 31:53-61.

Perry DH, McElroyb JS, Dorohc MC, Walkerd RH (2011) Indaziflam utilization for controlling problematic turfgrass weeds. **Applied Turfgrass Science** 8.

Pinheiro R, Belo I, Mota M (2002) Oxidative stress response of *Kluyveromyces marxianus* to hydrogen peroxide, paraquat and pressure. **Applied Microbiology and Biotechnology** 58:842-847.

Piza CST (2014) **Período anterior à interferência de corda-de-viola em cana-planta**. 39 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unesp, Jaboticabal.

Piza CST, Nepomuceno MP, Alves PLCA (2016) Period prior to interference of morning glory in sugarcane. **Científica** 44:543-548.

PPDB. **Pesticide Properties DataBase**. Available (2019) Disponível em: <<https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/>>. Acesso em: 28 fev. 2019.

Prasad KVSK, Sarandhi PP, Sharmila P (1999) Concerted action of antioxidante enzymes and curtailed growth under zinc toxicity in *Brassica juncea*. **Environmental and Experimental Botany** 42:1-10.

Prasad MNV, Rengel Z (1998) Plant acclimation and adaptation to natural and anthropogenic stress. **Annual New York Academy of Science** 851:216-223.

Priori LD, Eamus D, Bownan DMJS (2003) Leaf attributes in the seasonally dry tropics: a comparison of four habitats in northern Austrian. **Functional ecology** 1:504-515.

Procópio SO, Silva AA, Vargas L, Ferreira FA (2003) **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana de açúcar**. Viçosa:Universidade Federal de Viçosa, 150 p.

Pupo NIH (1979) **Manual de Pastagens e Forrageiras**. Campinas:IAC, 343 p.

Ramia VV, Pavani JR JD, Schiavetto AR, Pizzo IV, Azania CAM, Azania AAPM (2009) Manejo Químico de *Ricinus communis* utilizando herbicidas seletivos à cana-de-açúcar. **STAB** 28:38-41.

Ramos AR, Felisberto PAC, Timossi PC, Netto APC (2018) Características agronômicas da mucuna-preta em diferentes épocas de sementeira. **Revista de Ciências Agrárias** 41:1051-1058.

Ray TB (1984) Site of action of chlorsulfuron inhibitor of valine and isoleucine biosynthesis in plants. **Plant Physiology** 75:827-831.

Ribeiro RV, Santos MG, Souza GM, Machado EC, Oliveira RF, Angeloccl LR, Pimentel C (2004) Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39:615-623.

Rodrigues BN, Almeida FS (2018) **Guia de herbicidas**. Londrina:Produção Independente, 764 p.

Ruedell J (1995) **Plantio direto na região de Cruz Alta**. Cruz Alta:FUNDACEP FECOTRIGO, 134 p.

Satichivi NM, Wax LM, Stoller EW, Brislin DP (2000) Absorption and translocation of glyphosate isopropylamine and trimethyl sulfonium salts in *Abutilon theophrasti* and *Setaria faberi*. **Weed Science** 48:675-679.

SBCPD. Sociedade Brasileira Da Ciência Das Plantas Daninhas (1995) **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina:SBCPD, 42 p.

Scandalios JG (1993) Oxygen stress and superoxide dismutase. **Plant Physiology** 101:7-12.

Segato SV, Mattiuz CFM, Mozambani AE (2006) Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. In: Segato SV, Pinto AS, Jendiroba E (Eds.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livrocetes, p.19-36.

Serkedjieva J (2011) Antioxidant effects of plant polyphenols: a case study of a polyphenol-rich extract from *Geranium sanguineum* L. In: Gupta SD. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants** (Eds.) Enfield:Science Publishers, p.275-293.

Severino FJ, Christoffoleti PJ (2001) Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha** 19:223-228.

Shaner DL, Singh BK (1993) Phytotoxicity of acetohydroxyacid synthase inhibitors is not due to accumulation of 2-ketobutyrate and/or 2-aminobutyrate. **Plant Physiol.** 103:1221-1226.

Shigeoka S, Ishikawa T, Tamoi M, Miyagawa Y, Takeda T, Yabuta Y, Yoshimura Y (2002) Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes. **J. Exp. Bot.** 53:1305-1319.

Silva AA, Silva J F, Ferreira FA, Ferreira LR (2003) **Controle de plantas daninhas.** Brasília:ABEAS, 260p.

Silva DM, Azania CAM, Azania AAPM, Beluci LR, Vitorino R, Garcia JC (2013b) Seletividade de herbicidas influenciada pelo estado nutricional da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Herbicidas** 12:56-67.

Silva GBF, Azania CAM, Novo MCSS, Wutke EB, Zera FS, Azania AAPM (2013a) Superação da profundidade de semeadura e densidades de palha para *Mucuna aterrima*, *Mucuna deeringiana* e *Mucuna cinerea*. **Planta Daninha** 31:313-317.

Silva GBF, Azania CAM, Novo MCSS, Wutke EB, Zera FS, Azania AAPM (2012a) Tolerância de espécies de *Mucuna* a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Planta Daninha** 30:589-597.

Silva IAB, Kuva MA, Alves PLCA, Salgado TP (2009) Interferência de uma comunidade de plantas daninhas com predominância de *Ipomoea hederifolia* na cana soca. **Planta Daninha** 27:265-272.

Silva MA, Jifon JL, Silva JAG, Santos CM, Sharma V (2012b) Relationships between physiological traits and productivity of sugarcane in response to water deficit. **The Journal of Agricultural Science** 152:104–118.

Silva PRF, Argenta G, Sangoi L, Strieder ML, Silva AA (2006) Estratégias de manejo de coberturas do solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural** 36:1011-1020.

Silva PV, Monquero PA, Munhoz WS (2015b) Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga** 28:21-32.

Silva PV, Monquero PA, Silva FB, Bevilaqua NC, Malardo MR (2015a) Influence of sugarcane straw and sowing depth on the emergence of weed species. **Planta Daninha** 33:405-412.

Soares RO, Azania CAM, Lorenzato CM, Schiavetto AR, Zera FS, Azania AAPM (2011) Herbicidas de diferentes mecanismos de ação e a seletividade a cultivares de cana-de-açúcar. **Nucleus** 8:337-350.

Souza JR, Perecin D, Azania CAM, Schiavetto AR, Pizzo IV, Candido LS (2009) Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia** 68:941-951.

Souza MFP, Yamashita OM (2006) Potencial alelopático da mucuna-preta sobre a germinação de sementes de alface e picão preto. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** 4:23-28.

Souza ZM, Prado RM, Paixão ACS, Cesarin LG (2005) Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 40:271-278.

Squassoni VL (2012) **Monitoramento da comunidade de plantas daninhas na cana-de-açúcar e da eficiência de controle químico por meio de técnicas de análise multivariada de dados**. 89f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Unesp, Jaboticabal.

Tan S, Evans RR, Dahmer ML, Singh BK, Shaner DL (2005) Imidazolinone-tolerant crops: History, current status and future. **Pestic. Manag. Sci.** 61:246-257.

Tedesco V (2009) Utilização de Mucuna-preta como alternativa ao uso do fogo. Ascom-RO. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br>>. Acesso em: 14 jun. 2019.

Theisen G, Andres A (2007) Manejo de plantas daninhas. In: Silva Das, Casagrande Junior JG, Scivittaro WB (Eds.) **A cultura da mamona no Rio Grande do Sul**. Brasília:Embrapa Clima Temperado, p. 75-80.

Toledo REB, Kobayashi EK, Honda T, Miyasaki JM, Peretto AJ (2004) Dinamic (amicarbazone) - Novo herbicida seletivo para o controle de plantas daninhas em PRE e POS emergência na cultura da cana-de-açúcar. In: XXIV Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas. **Resumos...** São Pedro:SBCPD, p. 245.

Tompkins J (2010) **Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. Environmental Protection Agency. Unites States.**
https://www3.epa.gov/pesticides/chem_search/reg_actions/registration/fs_PC-080818_26-Jul-10.pdf. Acesso: 13 mar. 2019.

Torggler MGF, Contel EPB, Torggler SP (1995) **Isoenzimas – variabilidade genética em plantas**. Ribeirão Preto:Sociedade Brasileira de Genética, 175p.

Trostle C, Wallace S, Auld D (2012) Keys and concerns for castor production in texas: the ‘first things’ you need to know. In: AGRILIFE EXTENSION. **Anais...Texas**, p.7.

Tsugane K, Kobayashi K, Niwa Y, Ohba Y, Wada K, Kobayashi H (1999) A recessive *Arabidopsis* mutant that grows enhanced active oxygen detoxification. **The Plant Cell** 11:1195-1206.

Van Wyk LJ, Reinhardt CF (2001) A bioassay technique detects imazethapyr leaching and liming-dependent activity. **Weed Science** 15:1-6.

Velini ED, Martins D, Manoel LA, Matsuoka S, Travain JC, Carvalho JC (2000) Avaliação da seletividade da mistura de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana planta). **Planta Daninha** 18:123-134.

Velini ED, Negrisoli E (2000) Controle de plantas daninhas em cana-crua. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Anais...** Londrina:SBCPD, p.148-164.

Vicentini M (2014) **Biomarcadores bioquímicos em *Chironomus sancticaroli* Strixino & Strixino, 1981 (Diptera: Chironomidae) expostos ao hidrocarboneto benzo[a]pireno**. 47 f. Monografia (Ciências Biológicas) – UFP, Curitiba.

Vranová E, Inze D, Van Breusegem F (2002) Signal transduction during oxidative stress. **Journal Experimental Botany** 53:1227-1236.

Wutke EB, Maeda JA, Pio RM (1995) Superação da dormência de sementes de mucuna-preta pela utilização de “calor seco”. **Scientia Agricola** 52:482-490.

Yoshimura K, Yabuta Y, Ishikawa T, Shigeoka S (2000) Expression of spinach ascorbate peroxidase isoenzymes in response to oxidative stresses. **Plant Physiology** 123:223-233.

Zera FS, Azania CAM, Schiavetto AR, Lorenzato CM, Freitas GB, Azania AAPM (2011) Tolerância de mamona (*Ricinus communis*) a herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus** 8:453-462.

Zera FS, Dias JR AB, Azania CAM, Azania AAPM (2012) Tolerância de *Luffa aegyptiaca* a herbicidas utilizados em cana-de-açúcar. **STAB** 30:50-52.

Zeraik AE, Souza FS, Fatibello-Filho O (2008) desenvolvimento de um spot test para o monitoramento da atividade da peroxidase em um procedimento de purificação. **Quim. Nova** 31:731-734.

Zhu JK (2001) Plant Salt Tolerance. **Trends in Plant Science** 6:66-71.